

**Biologische Untersuchungen
an Aalen des Chiemsees**

GUSTI MICHELER

1913

Aus dem Zoologisch-Parasitologischen Institut der
Tierärztlichen Fakultät der
Universität München
Vorstand: Professor Dr. H. L i e b m a n n

B I O L O G I S C H E U N T E R S U C H U N G E N
A N A A L E N D E S C H I E M S E E S

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von

G u s t i M i c h e l e r

aus

Truchtlaching / Alz

München 1967

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

Dekan: Prof. Dr. A. Herrlich

Referent: Prof. Dr. H. Liebmann

Tag der Promotion: 27. 2. 67

INHALTSVERZEICHNIS

Seite 1

Seite 2

1. Allgemeine Angaben
2. Name
3. Geburtsdatum

- IV. ...
- V. ...
- VI. ...

Meiner lieben Mutter

1. ...

- 1. ...
- 2. ...
- 3. ...
- 4. ...
- 5. ...
- 6. ...
- 7. ...
- 8. ...

2. ...

- 1) ...
- 2) ...

- 1. ...
- 2. ...
- 3. ...

3. ...

- 1. ...
- 2. ...



Digitized by the Internet Archive
in 2026



INHALTSVERZEICHNIS

Teil A:

Seite

Untersuchungen über Abwachsverhältnisse der Chiemseeaale

I.	Einleitung	1
II.	Der Chiemsee als Lebensraum	3
III.	Literatur	5
A)	Allgemeine Kenntnisse über die Lebens- gewohnheiten der Aale	5
B)	Spezielle Kenntnisse zur Biologie der Aale	6
	1. Länge und Gewicht	7
	2. Alter	8
	3. Geschlecht	10
	4. Kopfform	12
	5. Nahrung	14
	6. Temperatureinfluß	16
IV.	Eigene Untersuchungen	17
A)	Material	17
B)	Methodik	17
	1. Länge, Gewicht und Geschlecht	17
	2. Kopfform und andere Merkmale	18
	3. Alter	18
C)	Ergebnisse	22
	1. Einzelne untersuchte Merkmale	22
	a) Gewicht	22

	Seite
b) Länge	23
c) Alter	23
d) Gelb- und Blankaal, Spitz- und Breitkopf	24
2. Zusammenhang zwischen den einzelnen Merkmalen	25
a) Länge und Gewicht	26
aa) bezogen auf alle Aale	26
ab) bezogen auf Spitz- und Breitkopf	27
b) Länge und Alter	28
ba) bezogen auf alle unter- suchten Aale	28
bb) bezogen auf einzelne Altersgruppen	30
bc) bezogen auf Gelb- und Blankaale	31
bd) bezogen auf Spitz- und Breitkopf	32
c) Gewicht und Alter	35
ca) bezogen auf Gelb- und Blankaale	35
cb) bezogen auf Spitz- und Breitköpfe	36
d) Prüfung des Korrelations- koeffizienten	38
3. Gelbaale in Bezug auf Gelb- und Weißbäuchigkeit	38
a) Vergleich im Hinblick auf unterschiedliche Gewichte	38
b) Vergleich im Hinblick auf unterschiedliche Längen	39
4. Nahrungsuntersuchungen	41
a) Nahrungsbreite aller Aale	41

	Seite
b) Nahrungsbreite bezogen auf die Kopfform	42
c) Nahrungsbreite bezogen auf die Jahreszeit	42
V. Besprechung der Ergebnisse	46
VI. Zusammenfassung	52

Teil B:

Untersuchungen zur optischen Reaktion der Aale

I. Einleitung	81
II. Literatur	82
A) Lichteinwirkung allgemein auf Fische	82
B) Lichteinwirkung auf Aale	83
C) Physiologische und physikalische Gesetzmäßigkeiten	84
III. Eigene Untersuchungen	86
A) Aquarienversuch	86
1. Material und Methodik	86
2. Ergebnis	88
B) Naturversuch	90
1. Material	90
2. Methodik	91
3. Ergebnis	93

	Seite
IV. Zusammenfassung	96
V. Literaturverzeichnis	97
A) Teil A:	97
B) Teil B:	105
VI. Lebenslauf	

T e i l A :

U n t e r s u c h u n g e n ü b e r A b w a c h s v e r h ä l t n i s s e d e r C h i e m s e e a a l e

I. E i n l e i t u n g

Der Aal, *Anguilla vulgaris* L., stellt speziell in der Biologie seiner Entwicklung heute noch immer ein großes hydrobiologisches Problem dar. Zur Klärung desselben sind noch eine Reihe von Untersuchungen erforderlich, deren Ziele sich nach verschiedenen Gesichtspunkten ausrichten lassen.

Nach vielen irrigen Meinungen von Seiten Aristoteles' über Plinius bis zum größten Zoologen des vergangenen Jahrhunderts v. Siebold schien die Hauptfrage nach der Fortpflanzung des Aales durch die Entdeckung der Herkunft des *Leptocephalus* von dem Dänen Jos. Schmid im Jahre 1904 geklärt zu sein. Jedoch stehen viele Fragen zu den Lebensgewohnheiten der Aale in unseren Gewässern noch offen.

Der Aal erfreut sich als Speisefisch in der heutigen Zeit immer größerer Beliebtheit, so daß der Aalfang in Deutschland in zunehmenden Maße an Bedeutung gewinnt. Deshalb versuchen die Fischer der steigenden Nachfrage durch eine Intensivierung der Aalwirtschaft gerecht zu werden. Die unterschiedlichen Meinungen über das Wachstum und die Nahrung der Aale legen die Vermutung nahe, daß jedes Gewässer spezielle Verhältnisse aufweise. Es ist daher notwendig, die jeweiligen Erfahrungen an Ort und Stelle selbst zu erproben.

Was die Aale des Chiemsees betrifft, so liegen noch keine ergiebigen Erfahrungen vor, da sie erst nach dem Kriege im Jahre 1948 erstmals eingesetzt wurden.

Aus diesem Grunde hat Herr Prof. Dr. H. Liebmann mir die Aufgabe gestellt, mich mit der Biologie der Chiemseeaale zu beschäftigen.

Zur Erhellung der Lebensgewohnheiten speziell bei Chiemseeaalen dienen im folgenden Teil der Arbeit Untersuchungen über Abwachsverhältnisse und Nahrungsaufnahme innerhalb der Freßperiode des Jahres 1965.

II. Der Chiemsee als Lebensraum

Das Chiemseebecken verdankt seine Entstehung der Erosionskraft der Grundmoräne eines gewaltigen diluvialen Gletschers, dem sog. Chiemsee-Achengletscher. Dieser erhielt sein Material vom Inngletscher im Westen und vom Salzach- und Saalachgletscher im Osten. Im Süden wurde er direkt aus der Zentralkette vom Paß-Thurn her gespeist. Nach Baybeger (1890) führten sieben Seitenarme des Inngletschers, vier durch das Achental und drei durch das Priental, zum Chiemsee hin.

Der Chiemsee, der größte See Bayerns, liegt als sog. Alpenvorlandsee mit einer Gesamtfläche von 83,37 km² (Wilhelm 1958) nördlich am Fuße der Chiemgauer Alpen auf einer Meereshöhe von 518,2 m. Als Alpenrandsee besitzt er nur eine mittlere Tiefe von 24,7 m. Seine größte west-östliche Ausdehnung beträgt 13,5 km und seine größte nord-südliche 12 km (Endröß 1903). Seine Fläche wird durch drei Molasseanhäufungen, der Frauen-, der Herren- und der Krautinsel, in den sog. Inselsee im Westen und den Weitsee im Osten geteilt. Hier findet sich auch die größte Tiefe mit 73,1 m.

An Zuflüssen füllen den Chiemsee 24 größere und kleinere Wasserläufe, die teils aus dem Gebirge kommen, wie die Tiroler- und die Kitzbühler Ache, meist aber Moorbäche sind. Den einzigen Abfluß bildet die Alz im Norden des Sees, die eine Verbindung zum Inn darstellt.

Nach Haeupel (1930) zählt der Chiemsee, was den Trophiezustand anbelangt, zu den meso-oligotrophen Seetypen, wobei aber der Weitsee als oligotroph (Zorel 1954) und der Inselsee als eutroph zu bezeichnen sind.

Die Fischwirtschaft des Chiemsees ist ausschließlich auf die Berufsfischer ausgerichtet, deren Brotfisch die Renke ist. Die Chiemseerenke (*Coregonus wartmanni* Bloch) stellt nach S e l i g o (1925) eine eigene Art zwischen Bodensee- und Traunseerenke dar und wird durchschnittlich nur 250 - 300 g schwer.

Es sind im Chiemsee sehr viele Arten von Süßwasserfischen zu finden. Obgleich er nach H a e m p e l (1930) ein ausgesprochener Zandersee ist, stehen doch die Brachse und der Hecht an zweiter Stelle in der Fangstatistik. Neuerdings hat aber der Aalfang stark zugenommen. Im Fischabsatz ist der Aal bereits an vierter Stelle zu nennen.

Die breite Uferbank des Chiemsees bietet mit ihrem schwachen Gefälle von 200 - 800 m in den See ein günstiges Biotop für den Aalfang. Dort wird er hauptsächlich in einer Tiefe von 2 - 3 m mit Legschnüren und Aalreusen gefangen.

In der nun folgenden Skizze (Abb. 1) vom Chiemsee ist zu ersehen, in welcher Gegend die Aale, die meiner Untersuchung dienten, hauptsächlich gefangen wurden.



Abb. 1

III. Literatur

A) Allgemeine Kenntnisse über die Lebensgewohnheiten der Aale

Zu einer biologischen Untersuchung an Aalen sind in erster Linie gewisse allgemeine Kenntnisse (W a l t e r 1910) über deren Lebensgewohnheiten erforderlich, So ist z.B. bekannt, dass der europäische Aal nur im Süßwasser aufwächst und eine Art Freßperiode durchmacht, die nach E h r e n b a u m (1930) ca. 9 - 12, B a u c h (1953) 9 - 10, S t e r b a (1959) 7 - 12, G a n d o l f i (1932) für männliche Aale 8 - 14, für weibliche Aale sogar 10 - 18 Jahre dauern soll.

Nach dieser Aufenthaltsperiode treten die Aale, nachdem sie sich vom Freßaal, dem sog. Gelbaal, zum Blankaal oder Silberaal verwandelt haben, ihre Wanderung flußabwärts dem Meere zu an. Mit der Umwandlung in den Blankaal mit silberglänzendem Unterbauch geht eine dunkle Rückenfärbung mit Größerwerden der Augen und eine Dunkelpigmentierung der Spitzen der Kiemenflossen einher. Ferner nehmen die Blankaale immer weniger Nahrung auf, was auch daran zu erkennen ist, dass der After des Aales allmählich zuwächst.

Wenn der Blankaal das Meer erreicht hat, kann man seiner mit unseren Fangmethoden nicht mehr habhaft werden, da er immer größer werdende Tiefen aufsucht.

Nach den Forschungen von S c h m i d (1904) wandert der Aal bis in die Sargassosee, einen Teil des Atlantiks nordöstlich der Westindischen Inseln, wo die Paarung vonstatten gehen soll. Bis dort hin konnte S c h m i d den von G r a s s i und C a l a n d r u c c i o (1897)

als Aallarve nachgewiesenen "*Leptocephalus brevirostris*" zurückverfolgen.

Die in der Sargassosee zur Welt kommende Aalbrut erreicht, nachdem sie ein Jahr keine Nahrung zu sich nahm und eine Umwandlung von dem Larvenstadium in das Stadium der Glasaale erfahren hat (W a l t e r 1910), nach 3 Jahren (S t e r b a 1959) die europäischen Küsten. Dort verwandeln sie sich unter einer Körperlängenverkürzung von 1 cm, in den Jungaal. Als sog. Steigaale, montées, beginnen sie nun in 1 - 2 km langen und 20 m breiten Schwärmen die Flüsse hinaufzuwandern (W a l t e r 1910).

Neuerdings wurde diese Theorie der Aalfortpflanzung von dem englischen Forscher T u c k e r (1959) erschüttert. Er behauptet, daß der europäische Flußaal auf Grund seiner Konstitution niemals die Sargassosee erreichen könne. Er würde bereits an den europäischen Küsten absterben. Die europäischen Glasaale hält er für durch die Strömung abgetriebene Nachkommen des amerikanischen Aales (*Anguilla rostrata*). Daß die Wirbelzahl des europäischen mit dem amerikanischen Aal nicht übereinstimmt, erklärt er mit einer Mutation.

B) Spezielle Kenntnisse zur Biologie der Aale

Für eine erfolgreiche Aalwirtschaft sind bestimmte Kenntnisse in Bezug auf den Süßwasseraufenthalt der Aale Voraussetzung. Aus Gründen der Ökonomie interessieren den praktischen Fischer die Abwachsverhältnisse des Besatzmaterials, ungeachtet der Nahrungsbreite, die einem Aal zur Verfügung stehen müßte. Um darüber jedoch Aussagen machen zu können, müssen genaue Untersuchungen vorgenommen werden.

1. Länge und Gewicht

Die Längenmessung ist die älteste Methode zur Untersuchung des Wachstums der Aale. Die bekannteste ist die von P e t e r s e n (1906).

Nach näherer Prüfung von Länge und Gewicht läßt sich eine Beziehung zwischen den beiden Merkmalen erkennen, die in der Berechnung des Längengewichtskoeffizienten ihren Ausdruck findet. Derartige Beziehungen lassen sich in der Literatur immer wieder finden (W a g l e r 1949, F r o s t 1945, K o o p s 1965).

T h u r o w (1959) gibt diesen Koeffizienten bei weiblichen Aalen der Altersgruppe V im Mittel mit 0.165, bei der Altersgruppe IX im Mittel mit 0.14 - 0.17 an. Nach M a n n (1960) zeigt der Längengewichtskoeffizient eine deutliche Abhängigkeit von der Größe bzw. Länge. K o o p s (1965) stellte bei in Teichen aufgezogenen Aalen mit einer Länge von 18 - 25 cm bereits einen Längengewichtskoeffizienten von 0.21 fest, während die in der Natur aufgewachsenen Aale diesen erst mit einer Länge von 40 - 60 cm aufwiesen.

F r o s t (1945) sowie D e e l d e r (1957) glauben, daß für das Blankwerden eher die Länge als das Alter den ausschlaggebenden Faktor darstellt. Auch ergab sich aus den Berechnungen F r o s t s (1945) für die größeren Aale ein schnelleres Wachstum als für die kleineren.

Ferner glaubt er den kritischen Punkt für die früheste Umwandlung des Aales zum Blankaal im Mittel mit 50 cm Länge und neun Jahren angeben zu können.

Dagegen gibt B e l l i n i (1906) an, daß die weiblichen Aale im Durchschnitt nach $4\frac{1}{2}$ Jahren, bei einer Länge von 70 - 79 cm, zu Blankaaalen werden.

Vielfach wurde in der Literatur festgestellt, daß Aale von gleichem Alter stark auseinanderwachsen. Nach M a r c u s (1919) hängt dieser Umstand viel von der Örtlichkeit ab. S c h i e m e n z (1935) aber wies darauf hin, daß in ein und demselben See die Aale stark unterschiedliche Gewichte bei gleichem Alter zeigen. Selbst bei den Aalaufzuchtversuchen von M ü l l e r (1964) und K o o p s (1965) konnte dieses starke Auseinanderwachsen der Aale, obgleich sie unter denselben Bedingungen eines Teiches aufgezogen wurden, deutlich gezeigt werden.

G e m z ö e (1908) und E h r e n b a u m (1913) fanden auch, daß die Körperlänge der verschiedenen Altersklassen sehr variabel ist.

Nach R a h n (1935) ist das Gewicht unabhängig von der Länge und dem Alter; ebenso verstärkt sich im Alter das Dickenwachstum unabhängig von der Länge.

2. Alter

Über Altersbestimmung und Wachstumsverhältnisse unternahmen E h r e n b a u m und M a r u k a w a (1913), H a e m p e l und N e r e s h e i m e r (1914), W u n d s c h (1916), M a r c u s (1919) ausgedehnte Untersuchungen. Die älteste Altersbestimmung an den Schuppen der Aale nahm G e m z ö e (1908) vor.

Die Schuppen finden sich als millimeterkleine ovale Gebilde in Zickzackreihen auf den Seitenflächen des Fisches tief in der Haut verborgen (W a l t e r 1910), wo man sie durch Aufhellen mit Pottasche deutlich machen kann (G r o t e , V o g t , H o f e r 1909).

Nach G a n d o l f i (1932) kann man die Schuppen aus der Haut gut präparieren, wenn man den Schleim mit Wasser von 52° C koagulieren läßt.

Isoliert stellen sie eine kleine ovale Basalplatte dar, auf deren Oberfläche sich zahlreiche runde und ovalzylindrische Erhöhungen von 0.04 - 0.06 mm erheben, wie E h r e n b a u m (1930) schreibt und von B a u d e l o t übernommen hat. Durch die Gesamtheit der zylindrischen Erhebungen entstehen konzentrische Ringe, die jährlich zugebildet werden. Die Auszählung erfolgt in Richtung der längeren Achse der Schuppe. M a r c u s (1919) gibt die früheste Schuppenbildung bei einer Länge von 16 - 17 cm an und nach ihm erfolgt der früheste Zuwachs von Ringen im Juni und die späteste noch nicht abgeschlossene Ringbildung im Oktober. Ebenso schreibt M ü l l e r (1964), daß die Aale ohne Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer die Schuppen mit einer Länge von 16 - 18 cm anlegen.

E h r e n b a u m und M a r u k a w a (1913) stellten fest, daß der Aal erst im vierten Lebensjahr Schuppen ausbildet, demzufolge G e m z ö e (1908) bei seiner ersten Untersuchung einem Fehler unterlag. R a h n (1955) und F r o s t (1945) stellten durch genaue Untersuchungen der Schuppen an verschiedenen Körperstellen fest, daß die jeweils ältesten Schuppen für eine hinreichende Altersbestimmung jedoch nicht genügen, weil sich einmal zahlreiche Zwischenringbildungen störend bemerkbar machen und zum anderen Ringbildungen infolge von Ernährungsstörungen fehlen können, wie viele Autoren, E h r e n b a u m (1914), M a r c u s (1919), W u n d e r (1930), F r o s t (1945), R a s - m u s s e n (1952), R a h n (1955), übereinstimmend aussagen.

Auf Grund der Unzulänglichkeit der Altersbestimmung allein an Hand der Schuppen sind E h r e n b a u m und M a r u k a w a (1913) erstmals zur Altersbestimmung an Hand von Statolithen übergegangen. Sie teilten die Aale in verschiedene Altersgruppen ein, die sie von

0 - VIII angaben. Dieser Einteilung nach befindet sich ein Aal, der sich im zweiten Jahr im Süßwasser aufhält, in der Altersgruppe I. Ein Aal, der die Altersgruppe V aufzeigt, befindet sich im sechsten Süßwasserjahr. Zu diesen Süßwasserjahren sind jeweils 3 Jahre hinzuzuzählen, um auf das wahre Alter des Aales zu kommen.

Die Statolithen wurden erstmals von dem Kieler Reibisch (E h r e n b a u m 1930) entdeckt. Nach W u n d s c h (1916) wachsen die Schweresteine mit dem Fisch und setzen im Winter eine durchsichtige hyaline Schicht, im Sommer eine opake Schicht an. E h r e n b a u m (1930) nennt die ersten Schichten, die am Statolithen des Leptocephalen gebildet werden, "Seewasser-Ringe", die bei der Zählung aber keine Rolle spielen.

Durch das Abschleifen, das nach G a n d o l f i (1932) erst erfolgen soll, wenn man die Statolithen monatelang in Terpentinöl eingeweicht hat, erscheint die opake Schicht dunkel und ist gegen die hyaline kontrastiert. Die Statolithen geben genauere Auskunft über das Alter der Aale und sind deshalb in der neueren deutschen Literatur bei der Altersbestimmung zu Hilfe genommen worden.

3. Geschlecht

Es ist wichtig zu wissen, welchen Geschlechts die Aale sind, zumal die männlichen Aale nicht den interessantesten Wirtschaftsfaktor darstellen, da sie nur eine Höchstlänge von 42 - 48 cm erlangen und bereits bei 29 cm (P e t e r s e n 1894) blank werden können und sich deswegen nur kurze Zeit im Süßwasser aufhalten. E h r e n b a u m (1913), wie M a r c u s (1919) machten bei Satzaalen von 25 cm die Feststellung, dass 90% männlich und somit als Besatzmaterial minderwertig waren.

Auch soll die Ernährungsweise der beiden Geschlechter eine unterschiedliche sein. Der männliche Aal neigt mehr zum Friedfisch, der weibliche zum Raubfisch.

Da die männlichen Aale die kleineren und schwächeren Individuen sind, machen sie das Aufsteigen in die Flüsse nicht in dem starken Maße mit wie die weiblichen, sondern bleiben in den nahen Küstengebieten alsbald zurück.

B e l l i n i (1910) will unter der Aalbrut von Comacchio bereits drei verschiedene Größen festgestellt haben, deren kleinste Form sich ausschließlich zu männlichen Individuen entwickelt haben soll; während die mittlere und größte Form fast nur weibliche Aale hervorbrachte. Dies konnte allerdings von S c h m i d (1910) und L ü b b e r t (1911) für die nordische Aalbrut nicht festgestellt werden.

D' A n c o n a (1961) hält es für bewiesen, was M a z z a (1907) und G r a s s i (1897) bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts erkannt hatten, daß es außer den weiblich und männlich determinierten Aalen auch eine labile Geschlechtsanlage gibt und dass die Umwandlung in die eine oder andere Richtung von Ernährung und Umweltfaktoren abhängig ist.

S c h i e m e n z (1935) konnte nach einem 7-jährigen Besatz eines an Futter armen Sees feststellen, dass die männlichen Aale schon längere Zeit geschlechtsreif waren und die Weibchen bereits geschlechtsreif wurden. Nach 13 Jahren wurden in diesem See nur noch Weibchen gefangen.

F r o s t (1950) konnte in dem Flusse Bann relativ zu viele männliche Exemplare verzeichnen, was er mit wahrscheinlich zu klein gewordenem Lebensraum begründet.

Die Bestimmung des Geschlechts erfolgt am getöteten Aal. Das sog. "Krausenorgan" enthält die Eierstöcke, die

von M o n d o n i 1777 (Süßwasserfische Mitteleuropas) entdeckt worden sind; im "Lappenorgan" entdeckte S y r s k i 1874 die Hoden.

4. Kopfform

Die Art und Stellung des Maules dürfte wie K n a u t h e (1907) schreibt, auch bei den Fischen Aufschluß über die Ernährungsweise geben, "gleich wie bei Schweinen unter Einfluß fatter Weide die Schnauze kürzer, bei magerer Kost hingegen länger wird".

Allgemein haben sich einige Thesen über die Stellungnahme ob Spitz- oder Breitkopf in der neueren deutschen Literatur (M a r c u s 1919, T ö r l i t z 1922, S e l i g o 1925, E h r e n b a u m 1930, B a u c h 1953) eingebürgert.

1. These:

Breit- und Spitzkopf sind zwei verschiedene Ernährungstypen. Der Spitzkopf ist ein Aal mit vorwiegender Kleintiernahrung, der breitköpfige Aal bevorzugt Fischnahrung. Allerdings verzeichnet S c h i e m e n z in seiner Untersuchung über die Nahrungsverteilung bei den Spitzköpfigen als Hauptnahrung Fische.

2. These:

Breitköpfige Aale sind schnellwüchsiger als die Spitzköpfigen. Nach B a u c h (1953) wachsen die Breitköpfigen um 2 - 4 cm auf 10 cm Lt schneller als die Schmalköpfigen. W u n d s c h (1920) und E h r e n b a u m (1913) stellten das gleiche fest; allerdings konnte M a r c u s (1919) diese These nicht bestätigen.

Auch ist das Gewicht der Breitköpfigen nach W a l t e r (1910), B e l l i n i (1910), B a u c h (1953) höher als das der Spitzköpfigen. Nach W a l t e r (1910) soll der Breitkopf 4 - 6 kg schwer werden; der Spitzkopf aber nur bis zu 375 g .

R a h n (1955) allerdings errechnete, daß das Durchschnittsgewicht der spitzköpfigen Aale im Sakrower-See bei Potsdam in vielen Fällen etwas höher war als das gleichlanger Breitköpfe. Die Erklärung sah er im höheren Durchschnittsalter der Spitzköpfe und in dem mit zunehmenden Alter sich verstärkenden Dickenwachstum der Aale.

Auch kann nach R a h n (1955) und T ö r l i t z (1922) von einem relativ stärkeren Dickenwachstum der Breitköpfe nicht die Rede sein.

Aus den Untersuchungen M a y e r - W a a r d e n s (1964) kann ersehen werden, daß Spitzköpfe gleicher Länge stets etwas schwerer sind als die breitköpfigen Aale.

3. These:

Breitköpfige Aale bevorzugen die Uferregion, die Spitzköpfe mehr die Tiefe. Die Erklärung liegt darin, daß die Spitzköpfigen Friedfische, die Breitköpfigen Raubfische sind.

T ö r l i t z (1922) demonstriert die beiden Ernährungstypen mit dem Hinweis auf die starke Ausbildung der Kaumuskulatur beim Breitkopf mittels eines Röntgenbildes. Nach seiner Auffassung und der des Dänen P e t e r s e n (1894) werden die Aale mit ihrer Umwandlung zum Blankaal wieder zu Spitzköpfen, was darin liegt, daß mit der Abnahme der Nahrungsaufnahme auch die Kaumuskulatur einem Schwund anheimfällt. Er ist auch nicht der Meinung, wie B e l l i n i (1910) und B a u c h (1953) annehmen, daß die Anlage zum Spitz- oder Breitkopf angeboren sei.

S c h i e m e n z (1935) fand im Steinhuder Meer nur Breitköpfe.

L a d i g e s (1936) konnte bei seinen Untersuchungen im Hamburger Hafengebiet zwei Arten von Spitzköpfen feststellen, nämlich eine schlanke lange und eine kurze dicke Form.

5. Nahrung

Es ist bekannt, daß der Aal omnivor veranlagt ist. S c h i e m e n z (1910) berichtet über Aale, die sogar in einem See Plankton fraßen, wo dieses im Überfluß vorhanden war. Nach S e l i g o (1925) sollen sich die Aale zu allen Lebzeiten nur von Bodentieren ernähren.

Genaueste Nahrungsuntersuchungen sind aber in der Literatur wenig vorhanden, was wohl an der Launenhaftigkeit der Aale, die Nahrung in Gefangenschaft auszuspucken, liegen mag, wie K ö t h k e (1961) schreibt. Auch mag der Mangel an Untersuchungsergebnissen an den Fehlern liegen, die bei einer derartigen Untersuchung unterlaufen und auf deren Quellen W u n d s c h (1920) genauestens mit folgenden Angaben hinweist:

1. Durch die verschieden rasche Verdaulichkeit von bestimmten Tieren wie z.B. Tubificiden, können keine Angaben gemacht werden, weil sie fast keine Reste im Darm zurücklassen.

2. Chitinreste verschiedenster Tiere gewähren keine Rückschlüsse auf die tatsächlich gefressene Anzahl der Tiere, da sie oft bis zur Unkenntlichkeit zerrieben werden.

3. Ferner kann der Darminhalt im Verlauf von 24 Stunden einerseits mehrmals erneuert sein oder es können andererseits auch Nahrungsteile infolge ihrer Unverdaulichkeit tagelang liegen bleiben, was ebenfalls keinen direkten Schluß auf die tatsächlich aufgenommene Nahrungsmenge zuläßt.

Die exaktesten Nahrungsuntersuchungen an Aalen sind von L a d i g e s im Jahre 1936 im Hamburger Hafengebiet gemacht worden.

Er gibt folgende Tabelle von der Anzahl der Aale, die am Fraß der verschiedensten Tiere monatlich beteiligt waren.

Mai	Juni	Juli	August	September	
238	140	159	149	219	Zahl d.,unters.Fische
117	60	93	41	79	Tubificiden
23	29	10	30	52	Cladoceren
-	-	-	12	-	Mysis
2	-	1	1	-	Gammariden
-	-	-	1	2	Leander
-	1	-	-	5	Regenwürmer
8	3	6	4	8	Larven
-	-	1	-	4	Mollusken
6	16	5	2	20	Brei
69	32	37	14	42	leer

Trotz Massenauftretens von Copepoden in den Monaten August und September konnte er jedoch diese nicht als Nahrung der Elbaale voll verzeichnen. Allerdings konnte er ebenso wie E h r e n b a u m (1930), S c h i e m e n z (1910) und K ö t h k e (1961) die Vorliebe der Aale für Regenwürmer in Überschwemmungsgebieten bestätigen.

Die individuelle Nahrungsaufnahme und die gewisse Vorliebe zu verschiedenen Zeiten zu bestimmten Tierarten ist in der Literatur des öfteren beschrieben.

So schreibt D r ö s c h e r z.B., daß Aale, obgleich Schnecken in genügendem Ausmaß vorhanden waren, am Ende des 8.Monats voll von Chironomus waren.

Ebenso berichtet M a h n k o p f (1898), daß Aale zeitweise bestimmte Freßperioden aufweisen, indem sie beispielsweise oft wochenlang voll Chironomus sind, und dann aber plötzlich und ohne jeden Grund zu bestimmten Fischen, wie Stichlinge u.a., übergehen.

S c h i e m e n z (1910) schreibt, daß Aale in einem Jahr besondere Vorliebe für Mysis zeigten, das andere Jahr sogar Plankton fraßen.

K ö t h k e (1961) stellte sogar am Verzehr von Fischen eine bestimmte Reihenfolge fest, die sich allerdings in verschiedenen Seen unterschiedlich zeigte und die sich auch in ein und demselben See nie wiederholt hat. So wurden nach K ö t h k e (1961) im Frühjahr vorwiegend Barsche, dann Junghechte, dann Aal und Plötze, später Wollhandkrabben, Jungzander und Kaulbarsch der Reihe nach gefressen. Diese Freßperioden sollen zeitlich zwischen 1 und 4 Wochen schwanken und dann schlagartig wieder aufhören, wenn das Wasser anstieg und sich somit der Lebensraum der Fische vergrößerte.

Von E h r e n b a u m (1930) ist z.B. bekannt, daß der Aal gerne Laich anderer wertvoller Fische frißt, weniger aber, daß er dies nur in Jahren des Überflusses tut und somit unterstützend in das biologische Geschehen als Regulator des Fischbestandes eingreift, wie K ö t h k e (1961) nach näherer Untersuchung festgestellt zu haben glaubt.

S c h i e m e n z (1910) bezeichnet daher den Aal auch als "Polizeifisch".

F r o s t (1961) machte die Feststellung, daß sich Gelbaale von 30 - 60 cm Länge hauptsächlich von wirbelloser Bodenfauna ernähren.

6. Temperatureinfluß

Es ist eine längst bekannte Tatsache, daß mit steigender Erwärmung die Gefräßigkeit der Aale zunimmt, was D o r f n e r (1951) und K ö t h k e (1961) erwähnen. Allzu große Hitze allerdings mindert den Appetit natürlich wieder.

Auch in den Untersuchungen von L a d i g e s (1936) nimmt die Zahl der leeren Bäuche von Aalen erheblich mit zunehmender Jahreserwärmung ab.

IV. Eigene Untersuchungen

A) Material

Die untersuchten Aale stammten ausnahmslos aus dem Fischereigebiet des "Fischer am See" R.Schaber in Prien. Das Gebiet erstreckt sich, wie eingangs auf der Skizze eingezeichnet ist, über das Südwestufer des Chiemsees.

Untersucht wurden 182 Aale, die in den Monaten Mai bis einschließlich August 1965 gefangen wurden. Dabei entfielen auf die Monate Mai 54, Juni 48, Juli 55 und August 25 Aale. Die durchschnittliche Wassertemperatur betrug während der Fangzeit in den Monaten Juni 12°C , im Juli 13° und 18°C und im August 21°C .

Da die Aale, die mir zur Untersuchung zur Verfügung standen, sofort nach dem Ausweiden im Gaststättenbetrieb des "Fischer am See" Verwendung fanden, konnte ich bei meiner Tätigkeit nur der sog. "Portionenaale", d.h. der kleineren Aale habhaft werden. Die größeren Aale wurden für die Räucherung gehältert und waren aus diesen Gründen für meine Nahrungsuntersuchungen nicht mehr brauchbar.

Bei der Ausweidung wurde sofort das Geschlecht bestimmt. Bei allen 182 Fischen handelte es sich um weibliche Aale.

B) Methodik

1. Länge, Gewicht und Geschlecht

Die zu untersuchenden Aale wurden an Ort und Stelle getötet, gemessen und gewogen. Die Eingeweide wurden in eine 9%-ige Formalinlösung gebracht, um einer späteren

mikroskopischen Ausarbeitung zugänglich zu sein.

Das Gewicht wurde mit einer Genauigkeit von 5 g, die Länge auf 0.5 cm genau angegeben.

2. Kopfform und andere Merkmale

Die Bestimmung der Aale, ob Spitz-oder Breitkopf, erfolgte rein subjektiv, aber trotzdem dürfte bei längerem Umgang mit Aalen und zunehmender Erfahrung kein Fehltrail vorliegen.

Ebenso wurde das Merkmal, ob der Aal ein Gelb- oder Blankaal ist, rein subjektiv verzeichnet, wobei die Bezeichnung Blankaal nicht ganz zutreffen dürfte, da ein solcher völlig silbrig und bereits großäugig sein müßte. Vielmehr wäre die Bezeichnung "Halbblankaal", wie sie L ü h m a n n und M a n n (1961) bringen, für diese Chiemseeaale richtiger gewesen. Unter der gesamten Anzahl der Aale war nämlich nur ein Aal, der bereits einen metallischen Glanz, einen im Zuwachsen begriffenen After und beginnende Großäugigkeit auswies. Der Einfachheit halber werden sie aber im folgenden als Blankaaale bezeichnet.

3. Alter

Zur Bestimmung des Alters wurde in Höhe des Afters ein etwa 1 qcm großes Hautstück entnommen und ebenfalls in Formalin gelegt. Die Stelle wurde auf Grund der Erkenntnisse von G e m z ö e (1908), F r o s t (1945) und R a h n (1955), dass sich dort die ältesten Schuppen befänden, gewählt. Die Schuppen ließen sich nach der Konservierung leicht mit einer Nadel aus der Haut kratzen und unter dem Mikroskop in Glycerin schwimmend, betrachten.

Da die Altersbestimmung allein an Hand der Schuppen, wie in der Literatur vielfach beschrieben ist (W a l t e r 1910, E h r e n b a u m 1913, F r o s t 1945, B a u c h 1953, R a h n 1955), unzureichend ist und keine genauen Werte liefert, habe ich die Bestimmung an Statolithen zu Hilfe genommen.

Die Schweresteine wurden aus dem aufgeklappten Schädel des Aales mit einer feinen Pinzette entnommen und zuerst eine Zeitlang in Nelkenöl aufbewahrt. Dann wurden sie in Caedax auf einem Objektträger über der Flamme schwenkend eingebettet. Daraufhin konnte man sie auf der einen Seite auf Wasserschleifpapier vorsichtig abschleifen. War eine Seite abgeschliffen, so wurde unter leichter Erwärmung des Caedax-Öles über dem Bunsenbrenner der Statolith umgedreht und dann, nachdem es wieder fest geworden war, die andere Seite geschliffen. Unter dem Phasenkontrastmikroskop ließen sich dann die Zuwachszonen gut erkennen.

Da es aber unmöglich war, aller Statolithen der untersuchten Aale habhaft zu werden, habe ich mich der Methode von R a h n (1955) angeschlossen, der eine Altersbestimmung nach dem sog. "Differenztest" durchführte.

Bei den 182 Aalen wurde das Alter nach bekannter Schuppen-Statolithen-Differenz nur an den Schuppen mit hinreichender Genauigkeit bestimmt.

Aus diesen Gründen ist in den folgenden Ergebnissen und Tabellen nur jeweils die Ringzahl der Schuppen als Alter vermerkt. Im Juli stellte ich eine neue Ringbildung fest und habe deshalb diese beginnende Ringzone als volles Jahr hinzugezählt.

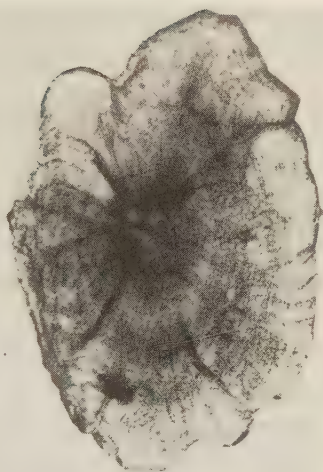
Um auf die wirkliche Anzahl der im Süßwasser verbrachten Jahre zu schließen, ist zu der angegebenen Ringzahl der Schuppen jeweils noch die Zahl 2 hinzuzuzählen,

da sich nach meinen Ergebnissen, wie an Hand der beigefügten Photographien vergleichend nachzuprüfen ist, eine Schuppen-Statolithen-Differenz von 2 Jahren ergab.

Diesem so errechneten Alter sind dann noch die im Meerwasser verbrachten Jahre, nämlich nach Ehrenbaum (1913) 3 Jahre, zuzurechnen, um auf das tatsächliche Alter eines Aales zu kommen.



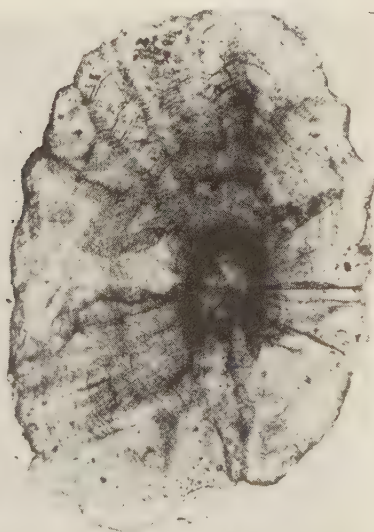
4 Ringe



6 Ringe



6 Ringe



8 Ringe

C) Ergebnisse

1. Einzelne untersuchte Merkmale

Die hohe Zahl von 182 Aalen vermittelt für die anschließende Betrachtung einen qualitativ guten und repräsentativen Querschnitt über die unterschiedliche Verteilung der Merkmalsausprägungen an Chiemseeaalen allgemein.

Als Merkmale kommen in erster Linie das Gewicht, die Länge und das Alter in Betracht. Im Anschluß daran wurden ferner die Anteile der Gelb- und Blankaale, sowie die Anteile der spitz- und breithköpfigen Aale untersucht. Bei den Gelbaalen wurde außerdem noch die Unterscheidung zwischen weißbäuchigen und gelbbäuchigen auf die Anregung des Seewartes P. Höfling (Herrenchiemsee) hin getroffen, der darin eine besondere Art von Gelbaalen in Richtung einer Gewichts- oder Längenverlagerung vermutete.

a) Gewicht

Die Verteilung der Häufigkeiten der einzelnen Gewichte der untersuchten Chiemseeaale zeigt folgende Tabelle 1.

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, befinden sich besonders starke Konzentrationen bei den Gewichten 175 g (11%) und 425 - 450 g (23%). Einen besseren Einblick in die Verteilung der Gewichte gewährt eine Summenkurve der Häufigkeiten, die in Fig. 1 dargestellt ist. Aus dieser Figur ist deutlich zu ersehen, daß die Hälfte der gefangenen Aale ein Gewicht bis zu etwa 290 g und bereits 86,5% der Aale ein solches bis zu 450 g aufweisen. Dies besagt, daß die Untersuchungsergebnisse in erster

Linie an Aalen gewonnen wurden, die ein geringes Gewicht hatten, in der Hauptsache unter 450 g.

Aus der gesamten Nahrungstabelle Nr. 7 ist zu ersehen, daß die Gewichte bei gleicher Länge in den Monaten Juli und August etwas ansteigen.

b) Länge

Bei der Untersuchung der Länge ergaben sich die in Tabelle 2 wiedergegebenen Anteile der Chiemseeaale.

Aus Tabelle 2 geht hervor, daß der größte Anteil bei der Länge zwischen 57 und 60 cm (28.6%) liegt.

Betrachtet man die Kurve der kumulierten Häufigkeiten, die in Fig. 2 dargestellt ist, so ergeben 50% der untersuchten Aale bis zu 58 cm und 90% der Aale bis zu 66 cm Länge. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, daß der Großteil der Aale, nämlich 90%, von mittlerer Größe ist.

c) Alter

Die Altersuntersuchung, die in der folgenden Häufigkeitstabelle 3 zusammengefaßt ist, ergibt, daß das Alter von 4 und 5 Jahren bzw. Ringzahl der Schuppen einen relativ hohen Anteil (insgesamt 65%) bildet.

Die entsprechende Summenkurve der Häufigkeiten, die in Fig. 3 dargestellt ist, zeigt deutlich einen steigenden Verlauf bis zum Alter von 6 Jahren und flacht dann sehr stark ab. Das besagt aber, daß von den untersuchten Aalen 92.5% ein Alter bis zu 6 Jahren aufweisen, wobei zu berücksichtigen ist, daß zu diesem Alter bei den Chiemseeaalen im Durchschnitt noch 2 Jahre hinzuge-rechnet werden müssen.

Auch dieses Ergebnis zeigt sehr klar, daß entsprechend dem Gewicht und der Länge die untersuchten Aale nicht besonders alt sind.

Das Ergebnis der Gewichts-, Längen- und Altersuntersuchung läßt die Frage interessant werden, bei welchem Alter, Länge und Gewicht die Chiemseeaale wohl abzuwandern beginnen. Dazu müssen aber erst die Beziehungen der einzelnen Merkmale untereinander klar herausgestellt werden.

d) Gelb- und Blankaal, Spitz- und Breitkopf

Eine weitere Untersuchung soll zeigen, welchen Wert das Verhältnis von Gelb- und Blankaal, sowie von Spitz- und Breitkopf annimmt. Die folgende Tabelle 4 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse, wobei noch berücksichtigt wurde, wie sich die Gelb- und Blankaale auf die Kopfform aufteilen lassen.

Aus der Tabelle 4 geht hervor, daß sich bei den untersuchten Aalen 74.7% Gelb- und 25.3% Blankaale befinden. Das bedeutet also, daß $\frac{3}{4}$ der Aale Gelbaale sind und lediglich $\frac{1}{4}$ Blankaale. Da die Zahl der untersuchten Aale mit 182 relativ groß ist, läßt sich unter Zugrundelegung einer Normalverteilung ein Rückschluß auf die Grundgesamtheit, d.h. auf sämtliche Chiemseeaale durchführen. Nach der Eingrenzungsformel

$$p + t\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}} \leq P \leq p - t\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}},$$

in der p den Anteil der Gelbaale der untersuchten Aale, P den Anteil der Gelbaale der gesamten Chiemseeaale, q den Anteil der Blankaale, n die Stichprobenanzahl und t den gewählten Sicherheitsgrad angeben, erhält man:

$$0.75 + t \cdot 0.0321 \leq P \leq 0.75 - t \cdot 0.0321$$

Wählt man $t = 2$, d.h. begnügt man sich mit der Wahrscheinlichkeit von 95.45% für das Zutreffen obiger Eingrenzung, so erhält man für die Gesamtheit der Chiemseeaale einen Anteilswert der Gelbaale, der zwischen 69% und 81% liegt. Die Untersuchung läßt also unter der getroffenen Wahrscheinlichkeit und dem zugrundeliegenden wahrscheinlichkeitstheoretischen Modell den Schluß zu, daß mindestens 69% der Chiemseeaale Gelbaale sind.

Diese Gelbaale wurden nun ihrerseits daraufhin betrachtet, ob sie weißbäuchig oder gelbbäuchig erscheinen. Wie aus der Tabelle 4 hervorgeht, befanden sich unter den 136 Gelbaalen 66.2% weiß- und 33.8% gelbbäuchige.

Tabelle 4 zeigt weiterhin, daß der Anteil der Spitzköpfigen 52.2% und der der Breitzköpfigen 47.8% beträgt. Somit kann angenommen werden, daß die beiden Kopfformen je etwa zur Hälfte in Erscheinung treten. Betrachtet man die Kopfform jedoch im Hinblick auf das Kriterium Gelb- oder Blankaal, so bleibt bei den Gelbaalen die Relation in etwa gewahrt - 49.2% Spitzköpfe und 50.8% Breitzköpfe -, während sich jedoch bei den Blankaalen eine Verlagerung in Richtung Spitzkopf feststellen läßt. Der Anteil der Spitzköpfigen beträgt 60.8%, während sich der Rest von 39.2% auf die Breitzköpfe verteilt. Daraus läßt sich schließen, daß die spitzköpfigen Blankaale die älteren und dem Abwandern näherstehenden Aale sind.

2. Zusammenhang zwischen den einzelnen Merkmalen

Nachdem die einzelnen Merkmale isoliert dargestellt wurden, erhebt sich die Frage, ob zwischen diesen oder jenen Merkmalen ein Abhängigkeitsverhältnis besteht.

Dabei ist in der Regel einmal zu klären, welcher Art der Zusammenhang, ob linear oder nicht linear, und zum anderen, wie stark der Zusammenhang ist.

Die Frage nach der Art des Zusammenhanges bildet den Kern der Regressionsanalyse, während die Stärke des Zusammenhanges mittels des Korrelationskoeffizienten gemessen werden kann. Bei den folgenden untersuchten Zusammenhängen erübrigt sich eine Regressionsanalyse insofern, als in allen Fällen allein an Hand einer graphischen Darstellung sichtbar ist, daß eine Linearität vorliegt. Die Aufgabe besteht vornehmlich darin, die Regressionsgleichungen ersten Grades aufzustellen, um die entsprechenden Regressionsgeraden bestimmen zu können.

a) Länge und Gewicht

aa) bezogen auf alle Aale

Die Beziehung zwischen Länge und Gewicht bei Aalen stellt ein bereits bekanntes und längst erforschtes Gedankengut dar, so daß im folgenden allein zu klären ist, wie stark bei den untersuchten Chiemseeaalen diese Korrelation auftritt. Wie aus der Punkteschar der Fig. 4 zu ersehen ist, liegt eine eindeutige, stark positive Korrelation zwischen den Merkmalen Gewicht und Länge vor. Berechnet man die Stärke der Korrelation, so ergibt sich ein Korrelationskoeffizient $r = 0.917$, was als eine außerordentlich starke Korrelation bezeichnet werden kann. Eine Prüfung des Korrelationskoeffizienten findet sich am Ende dieses Abschnittes.

Abgesehen von extremen Längenabweichungen in den Randgebieten, nämlich bei besonders niedrigen und besonders hohen Gewichten, läßt sich, wie bereits erwähnt, eine lineare Beziehung annehmen. Berechnet man die Regressionsgleichung mit dem Gewicht als der unabhängigen Variablen und der Länge als der abhängigen Variablen, so erhält man:

$$y = 0.0403 x + 44.962 .$$

Diese Gleichung stellt eine Gerade dar, bei der die vertikalen Abstände der einzelnen Merkmalswerte zu dieser Geraden ein Minimum aufweisen. Sie besagt, daß im Durchschnitt eine Gewichtsänderung um beispielsweise 100 g eine Längenveränderung von rund 4 cm zur Folge hat. Diese Regressionsgerade ist in der Fig. 4 eingezeichnet.

Verändert man die Funktionsbezogenheit dergestalt, daß $x = f(y)$ ist, d.h., daß in diesem Fall die Länge als unabhängige Variable und das Gewicht als abhängige Variable angesehen werden, so erhält man die Regressionsgleichung von der Form:

$$x = 19.858 y - 824.481 .$$

Sie zeigt, daß einer Längenveränderung um 1 cm im Durchschnitt eine Gewichtsänderung um rund 20 g entspricht. Auch diese Gerade ist in der Fig. 4 gestrichelt eingezeichnet.

ab) bezogen auf Spitz- und Breitkopf

Die Unterscheidung zwischen spitz- und breitköpfigen Aalen läßt die Frage auftreten, ob bei vergleichbarer Länge die breitköpfigen grundsätzlich schwerer sind als die spitzköpfigen Aale oder umgekehrt. Um darüber Aussagen machen zu können, wurden bei gleichen Längen die Gewichte sowohl für spitz- als auch für breitköpfige Aale bestimmt und deren Mittelwerte gebildet. Die einzelnen Mittelwerte, die aus wenigstens 2 und höchstens 10 Einzelwerten gebildet wurden, sind vergleichsweise in Fig. 5 eingezeichnet worden. Wie daraus zu ersehen ist, schneiden bzw. berühren sich die beiden Streckenzüge insgesamt 9 mal, so daß unter Anwendung des genannten Verfahrens darauf geschlossen werden kann, daß sich Spitz- und Breitkopf gleicher Länge gegenüber Gewicht in dem untersuchten Intervall indifferent verhalten.

b) Länge und Alter

ba) bezogen auf alle untersuchten Aale

Ähnlich der Abhängigkeit zwischen Länge und Gewicht läßt sich auch zwischen Alter und Länge ein Zusammenhang feststellen.

Betrachtet man die Fig. 6, so erkennt man, daß auch hier eine lineare Verbundenheit der beiden Merkmale vorliegt. Allerdings ist hier die lineare Verbundenheit nicht so klar zu sehen, wie bei den vorhergegangenen Korrelationen. Das rührt daher, weil es sich bei der Länge und beim Gewicht um relativ stetige Merkmale handelt, während beim Alter ein diskretes Merkmal vorliegt. Der Grund liegt darin, daß das Alter infolge der besonderen Schwierigkeiten der Altersbestimmung nur auf ganze Jahre bestimmt wurde. Dennoch läßt die treppenförmige Verlagerung des Längenmerkmals mit zunehmendem Alter um jeweils ganze Jahreinheiten erkennen, daß eine Linearität und eine positive Korrelation vorhanden ist. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten r ergibt einen Wert von 0.63, was immer noch einer relativ hohen Korrelation entspricht. Die Prüfung des Korrelationskoeffizienten folgt am Ende dieses Abschnittes.

Berechnet man die Regressionsgerade unter Zugrundelegung aller untersuchten Aale, so erhält man, wenn das Alter als die abhängige Variable und die Länge als die unabhängige Variable gewählt wird, folgende Gleichung:

$$y = 0.109 x - 1.835 .$$

Diese Gleichung drückt aus, daß einer Längenänderung von beispielsweise 10 cm im Durchschnitt eine Altersänderung von etwa 1.1 Jahren entspricht. Analog erhält man bei Vertauschen des Abhängigkeitsverhältnisses

mit der Länge als Funktion des Alters die Gleichung:

$$x = 3.633 y + 42.06 .$$

Gemäß dieser Gleichung entspräche bei Chiemseeaalen im Durchschnitt ein jährliches Längenwachstum von 3.6 cm. Die Aussage dieses Ergebnisses ist sehr unbefriedigend und entspricht kaum der Wirklichkeit. Die Verzerrung, die hier offenbar wird, läßt sich darauf zurückführen, daß die Streuung der Länge bei den einzelnen ganzjährigen Altersstufen ungleich größer ist als die Streuung des Alters bei den einzelnen Längen. Der Grund liegt wiederum in der Tatsache, daß die Altersmessung auf ganzen Zahlen aufgebaut ist.

Die unterschiedliche Streuung kann an zwei extrem gehaltenen Beispielen gezeigt werden. Wie aus Fig. 6 zu ersehen ist, betragen die Extremwerte z.B. beim Alter von 4 Jahren im Hinblick auf die Länge 40 und 69 cm, während z.B. bei der Länge von 59 cm die Extremwerte hinsichtlich des Alters 3 und 8 Jahre betragen. Die Intervallsbreite beträgt im ersten Fall 29, im zweiten dagegen nur 5.

Da die Berechnung der Regressionsgeraden auf der Methode der kleinsten Quadrate aufgebaut ist, d.h. die Quadrate der Abweichungen um die Regressionsgerade werden minimiert, so geht daraus hervor, daß die unterschiedliche, zum Teil beträchtliche Längenabweichung bei bestimmten Altersstufen zu einer verzerrten Regressionsgeraden führen muß. Diesem Fehler ist die erste Regressionsgerade in weit geringerem Maße unterworfen, so daß es sinnvoll erscheint, für die Betrachtungen die etwas wirklichkeitsfremde Beziehung des Alters als eine Funktion der Länge zugrunde zu legen.

bb) bezogen auf einzelne Altersgruppen

Nicht allein die Korrelation zwischen dem Alter und der Länge ist bedeutsam, sondern auch die Streuung der Länge bei den einzelnen Altersgruppen. Das Ergebnis gibt Aufschluss darüber, wie stark die Aale bei unterschiedlichem Alter auseinanderwachsen. Um die Streuung zu berechnen, bedient man sich der von Gauss eingeführten mittleren quadratischen Abweichung, die als Varianz bezeichnet wird, bzw. der Quadratwurzel aus der Varianz. Diese kennzeichnet die absolute Streuung. Wegen der geringen Anschaulichkeit dieses absoluten Wertes setzt man ihn zum Mittelwert in Beziehung und erhält somit die Streuung um den Mittelwert, die durch den Variationskoeffizienten ausgedrückt wird. Eine Zusammenstellung der einzelnen Komponenten zeigt Tabelle 5.

Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, weist das Alter 5 mit 7.96% die niedrigste und das Alter 6 mit 10.47% die höchste Streuung der einzelnen Längenwerte um die entsprechenden Mittelwerte auf. Die Altersstufen 3 und 4 Jahre nehmen mit 9.15% und 9.46% eine Mittelstellung ein.

Betrachtet man dagegen allein die Werte der absoluten Streuung, so erhält man ein Streuungsintervall von 4.74 bis 6.78 cm. Hinsichtlich des Alters 3, das den minimalsten Betrag verzeichnet, bedeutet dies, daß im Durchschnitt die einzelnen Längen mit 4.74 cm um den Mittelwert streuen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß zwar eine nicht unbedeutende Variabilität der Länge innerhalb der Altersstufen vorhanden ist, daß sie aber noch als relativ niedrig bezeichnet werden kann.

bc) bezogen auf Gelb- und Blankaaale

Aus der Tatsache heraus, daß sich das Längenwachstum der Aale im Durchschnitt mit zunehmendem Alter verringert, können im Rahmen dieses speziellen Untersuchungszieles Regressionsgeraden sowohl für Gelbaale als auch für Blankaaale bestimmt werden. Im Schnittpunkt der beiden Geraden haben sowohl Gelb- als auch Blankaaale im Durchschnitt dieselbe Länge und dasselbe Alter. Dieser Schnittpunkt gibt also an, bei welchem Alter und bei welcher Länge die Gelbaale blank werden.

Berechnet man die beiden Regressionsgeraden, so erhält man für Gelbaale die Gleichung:

$$y = 0.092 x - 0.911 ,$$

und für Blankaaale die Gleichung:

$$y = 0.1305 x - 2.975 .$$

Aus den beiden Gleichungen geht bereits das unterschiedliche Längenwachstum hervor. Einer Längenänderung um jeweils 10 cm entspricht bei Gelbaalen eine durchschnittliche Altersänderung von 0,9, bei Blankaaalen von 1,3 Jahren.

Den Schnittpunkt, der das Blankwerden anzeigt, gewinnt man zweckmäßigerweise, indem $y = 0$ gesetzt wird und beide Gleichungen miteinander verbunden werden. Man erhält dann als Schnittpunkt das Alter von 4,02 Jahren und die Länge von 53,6 cm.

Bei allen diesen Regressionsberechnungen ist zu erwähnen, daß die Ergebnisse nicht auf einen Einzelfall Anwendung finden können. Vielmehr drücken die Ergebnisse ein durchschnittliches Verhalten aus. Es kann also nur der Schluß zugelassen werden, daß das Blankwerden speziell der untersuchten Chiemseeaale im Mittel einen Wert ergibt, der bei einem Alter von rund 6 Jahren und

einer Länge von 53.6 cm zu liegen kommt. Beide Regressionsgeraden sind in der Fig. 6 als durchgehende und gestrichelte Linien eingezeichnet. Die interpolierte Gerade stellt die Regressionsgerade aller untersuchten Aale dar.

bd) bezogen auf Spitz- und Breitkopf

Entsprechend der Unterteilung in Gelb- und Blankaale ist es ferner interessant, ob sich ein unterschiedliches Längenwachstum im Hinblick auf das Kriterium Spitz- und Breitkopf nachweisen läßt. Eine Untersuchung des Zusammenhanges ergibt, daß bei den breitköpfigen Aalen die Korrelation mit einem Wert von $r = 0.68$ merkbar stärker ist als bei den spitzköpfigen, deren Koeffizient 0.57 beträgt. Die Berechnung der Regressionsgeraden ergibt für die spitzköpfigen Aale die Gleichung:

$$y = 0.1088 x - 1.718,$$

und für Blankaale die Gleichung:

$$y = 0.1124 x - 2.107.$$

Wie aus den Gleichungen ersichtlich ist, weist die Gerade der spitzköpfigen Aale eine geringfügig niedrigere Steigung auf als die der breitköpfigen. Daraus geht hervor, daß das Längenwachstum bei den Spitzköpfen wertmäßig etwas größer ist als bei den Breitköpfen.

Gleichzeitig ist aus der Lage der beiden Geraden, die in Fig. 7 eingezeichnet sind, zu ersehen, daß in dem beobachteten Längenintervall die spitzköpfigen Aale bei vergleichbarer Länge im Durchschnitt älter sind als die breitköpfigen.

Da nun beide Geraden sehr eng beieinander liegen, liegt die Vermutung nahe, daß die Nivellierung aus einer

Kompensation verschiedener Merkmalseinflüsse entstanden sein könnte. Diese Vermutung wird bestätigt, wenn man die Längen-Alter-Beziehung der spitz- und breitköpfigen Aale unterteilt in Gelb- und Blankaale. Die berechneten Geradenpaare wurden in Fig. 8 und 9 eingezeichnet.

Wie bei der vorhergehenden Berechnung zeigt sich auch hier, daß der Zusammenhang bei den Breitköpfen sowohl bei den Gelbaalen mit $r = 0.622$ als auch bei den Blankaalen mit $r = 0.787$ bedeutend stärker ist als bei den Spitzköpfen mit den entsprechenden Koeffizienten von $r = 0.483$ und 0.627 . Daraus geht eindeutig hervor, daß das Längenwachstum der breitköpfigen Aale bedeutend gleichmäßiger ausfällt als das der spitzköpfigen.

Betrachtet man die Fig. 8 und 9, so ist zu erkennen, daß das Längenwachstumsverhältnis der spitzköpfigen zu den breitköpfigen Aalen bei den Gelbaalen anders ausfällt als bei den Blankaalen. Ein Vergleich beider Geradenpaare zeigt deutlich, daß bei den Breitköpfen das Längenwachstum bei den Gelb- und Blankaalen annähernd gleich ist. Dagegen weist das Längenwachstum der Spitzköpfe bei den Gelbaalen im Durchschnitt einen bedeutend höheren Wert auf als bei den Blankaalen. Das geht daraus hervor, daß die entsprechende Regressionsgerade bei den Blankaalen steiler verläuft als die bei den Gelbaalen.

Ferner ist bei einer Gegenüberstellung der zwei Regressionsgeraden für breitköpfige Aale zu ersehen, daß bei vergleichbarer Länge die Blankaale im Durchschnitt älter sind als die Gelbaale. Diese Feststellung trifft nur auf die breitköpfigen Aale, jedoch nicht auf die spitzköpfigen zu: denn diese Regressionsgeraden weisen derart unterschiedliche Steigungen auf, daß sie sich im

untersuchten Bereich schneiden. Das mag daran liegen, daß die Spitzköpfe bei niederen Altersgrenzen Gelbaale sind und daher eine geringere Länge aufweisen als die spitzköpfigen Blankaale, die ja bereits die Längen-Altersgrenze erreicht haben. Später also, d.h. nach dem Schnittpunkt, ist das Wachstum der Gelbaale ein Schnelleres, woraus man sich auch die oft sehr schweren Gelbaale, die teilweise gefangen werden, erklären kann.

Wie bekannt ist, verändert der Aal seine Kopfform im Verlaufe seines Lebens. Aus der Tatsache heraus, daß der Aal mit zunehmendem Alter dazu neigt, wieder spitzköpfig zu werden, kann der Anwendungsbereich der Regressionsgeraden abgegrenzt werden. So kennzeichnet der Schnittpunkt der Geraden in Fig. 9 im Durchschnitt die Länge, bei der der Aal sich vom Breitkopf zum Spitzkopf wandelt. Da bereits früher gezeigt wurde, dass der Aal im Durchschnitt bei einer Länge von 53.6 cm blank wird, kommt nur Fig. 9 in Betracht. Die Berechnung des Schnittpunktes ergibt, daß der Blankaal im Durchschnitt bei einer Länge von 62.6 cm und einem Alter von 5.2 Jahren beginnt spitz zu werden, wo er auch ein geringeres Längenwachstum aufweist.

Geht man dagegen davon aus, daß der Gelbaal in der Regel breitköpfig und der Blankaal in der Regel spitzköpfig ist, so ist es wirklichkeitsgetreuer, die entsprechenden Regressionsgeraden zu verbinden. Man bringt also die Regressionsgerade der breitköpfigen Gelbaale mit der der spitzköpfigen Blankaale in Beziehung und erhält den in Fig. 10 eingezeichneten Schnittpunkt. Er besagt, daß die Wandlung zum spitzköpfigen Aal bei einer Länge von 54.7 cm und einem Alter von rund 4 Jahren erfolgt, also etwa zum Zeitpunkt des Blankwerdens.

c) Gewicht und Alter

ca) bezogen auf Gelb- und Blankaale

Infolge der starken Korrelation zwischen Länge und Gewicht und der positiven Korrelation von Länge und Alter, liegt die Vermutung nahe, daß auch eine Korrelation zwischen Gewicht und Alter besteht. Die Berechnung ergibt eine positive Korrelation mit einem Wert von 0.67. Das bedeutet, daß eine relativ starke Korrelation auch zwischen Gewicht und Alter vorhanden ist. Eine Prüfung des Koeffizienten ist ebenfalls wieder am Ende des Abschnittes angeführt.

Ähnlich wie das Blankwerden der Chiemseeaale an Hand der Längen-Alter-Beziehung festgestellt werden kann, erscheint dieselbe Frage auch im Hinblick auf die Gewicht-Alter-Beziehung berechtigt. Die Berechnung der beiden Regressionsgeraden ergibt für Gelbaale die Gleichung:

$$y = 0.00515 x + 2.779 ,$$

und für Blankaale die Gleichung:

$$y = 0.00535 x + 2.881 .$$

Wie bereits an beiden Gleichungen ersichtlich ist, liegen die Steigungen der beiden Geraden eng beieinander.

In Fig. 11 sind beide Regressionsgeraden eingezeichnet. Der Schnittpunkt liegt dabei außerhalb des Betrachtungsbereiches. Gleichzeitig geht aus dem Schaubild hervor, daß in dem Untersuchungsraum die Regressionsgerade für Blankaale über der der Gelbaale zu liegen kommt. Das bedeutet aber, daß im Durchschnitt bei jedem speziellen Gewicht der Blankaal älter ist als der Gelbaal. Interessanter ist jedoch die Deutung, daß bei einem bestimmten

Alter das Gewicht der Gelbaale im Durchschnitt höher ausfällt als das der Blankaale. Dies bestätigt die These, daß der Blankaal auf Grund des Umwandlungsprozesses weniger Nahrung zu sich zu nehmen beginnt. Ferner ist zu ersehen, daß beide Geraden mit steigendem Gewicht divergieren. Die Gewichts Differenz nimmt somit bei steigendem Altersniveau zwischen Gelb- und Blankaalen zu.

Im Hinblick auf das Blankwerden des Aales kann zusammenfassend festgestellt werden, daß wohl die Länge als Kriterium verwendet werden kann und sehr gute Aussagen über den Vorgang des Blankwerdens gestattet, daß sich aber das Gewicht als Kriterium für unbrauchbar erweist.

cb) bezogen auf Spitz- und Breitzköpfe

Ähnlich der Längen-Alter-Beziehung läßt sich auch bei der Gewicht-Alter-Beziehung die Unterteilung in spitz- und breitzköpfige Aale vornehmen. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten ergibt auch hier bei den breitzköpfigen Aalen einen höheren Wert ($r = 0.726$) als bei den spitzköpfigen ($r = 0.636$). Ermittelt man die beiden Regressionsgeraden, so erhält man für Spitzkopf die Gleichung:

$$y = 0.00654 x + 2.482,$$

und für Breitzkopf die Gleichung:

$$y = 0.00497 x + 2.803 .$$

Der Verlauf der Geraden, die in Fig. 12 eingezeichnet sind, zeigt, daß vom Schnittpunkt beim Gewicht von 204.5 g und beim Alter von 3.8 Jahren an die spitzköpfigen Aale bei vergleichbarem Gewicht im Durchschnitt älter sind als

die breitzköpfigen Aale. Das bedeutet, daß die durchschnittliche jährliche Gewichtszunahme bei den Breitzköpfen größer ist als bei den Spitzköpfen.

Unterteilt man die spitz- und breitzköpfigen Aale in Gelb- und Blankaale, so ergeben sich die in den Fig. 13 und 14 dargestellten Geradenpaare.

Auch hier sei erwähnt, daß der Korrelationskoeffizient der Breitzköpfigen, der bei den Gelbaalen 0.664 und bei den Blankaalen 0.791 beträgt, erheblich höher ist als bei den Spitzköpfen mit den entsprechenden Werten 0.533 und 0.675. Daraus geht hervor, daß bei den Breitzköpfen eine eindeutigere gleichmäßige Gewicht-Alter-Beziehung besteht als bei den Spitzköpfen.

Wie aus den Fig. 13 und 14 hervorgeht, weisen beide Geradenpaare dieselbe Tendenz auf, wie die Regressionsgeraden für Breit- und Spitzkopf der Fig. 12. Sie unterscheiden sich lediglich durch die Lage des Schnittpunktes, der bei den Blankaalen im Durchschnitt bei höherem Gewicht liegt als bei den Gelbaalen. Hinsichtlich der Gewichtszunahme weisen also die spitz- und breitzköpfigen Gelb- als auch Blankaale dieselbe Tendenz auf, wobei die breitzköpfigen Aale eine stärkere Gewichtssteigerung verzeichnen als die spitzköpfigen.

Wenngleich das Gewicht im Hinblick auf das Blankwerden keine Aussagen erlaubt, ist es interessant, daß die Wandlung zum Spitzkopf ein analoges Ergebnis zur Längen-Alter-Beziehung aufweist. Zeichnet man einerseits die Regressionsgerade für breitzköpfige Gelbaale und andererseits diejenige für spitzköpfige Blankaale in ein Schaubild ein, das in Fig. 15 dargestellt ist, so erhält man als Schnittpunkt das Gewicht 232.7 g und das Alter 3.9 Jahre. Das heißt also, daß sowohl nach der Längen-

Alter- als auch nach der Gewicht-Alter-Korrelation sich etwa dasselbe Alter für das Spitzwerden der Aale ergibt.

d) Prüfung des Korrelationskoeffizienten

In den vergangenen Kapiteln wurden drei wichtige Korrelationskoeffizienten berechnet. Es gilt nun zu bestimmen, inwieweit diese Koeffizienten signifikant sind. Dazu bedient man sich in der Regel des F-Testes (Linder 1951). Den Wert von F gewinnt man durch Division des Bestimmtheitsmaßes r^2 durch die Restvarianz $(1 - r^2) / (n - 2)$. Für die berechneten Korrelationskoeffizienten r in Höhe von 0.917, 0.671 und 0.630 ergeben sich die dazugehörigen F-Werte in Höhe von 951, 146 und 117.

Die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten P gegen das Zutreffen solcher F-Werte liegen unter Zugrundelegen von 1 und 180 bzw. 178 Freiheitsgraden bei Alter weit unter 0.1%. Damit ist der Schluß gerechtfertigt, daß alle drei Korrelationskoeffizienten hoch signifikant sind.

3. Gelbaale in Bezug auf Gelb- und Weißbäuchigkeit

a) Vergleich im Hinblick auf unterschiedliche Gewichte

Zum Zwecke der Prüfung, ob Gelbaale mit unterschiedlicher Bauchpigmentierung auch unterschiedliche Gewichte bei gleicher Länge zeigen, wurden deren Länge und die dazugehörigen Gewichte ermittelt und das arithmetische Mittel bestimmt. Das Ergebnis ist in Fig. 16 dargestellt.

Wie daraus zu erkennen ist, trifft die These nicht zu, daß entweder Weißbäuchige bei gleicher Länge schwerer sind als Gelbbäuchige oder umgekehrt.

Es läßt sich auch nicht feststellen, daß eine Verlagerung ab einer bestimmten Längenschwelle stattfindet. Dies geht daraus hervor, daß beide Linienzüge sich insgesamt 8 mal schneiden. Obwohl die in die Berechnung einbezogene Zahl der Aale bei den einzelnen Längeneinheiten schwankt und sich zwischen 1 und maximal 9 erstreckt, kann dennoch aus der Vielzahl der Schnittpunkte geschlossen werden, daß sich bei einer bestimmten Länge die weißbäuchigen gegenüber den gelbbäuchigen Gelbaalen hinsichtlich des Gewichtes indifferent entwickeln.

b) Vergleich im Hinblick auf unterschiedliche Längen

Dieselbe Untersuchung wurde nun bei gleichem Gewicht und variabler Länge gemacht. Da auf Grund des starken Gewichtsunterschiedes bei gleicher Länge nicht das Gewicht, sondern vielleicht die Länge ausschlaggebend für die unterschiedliche Pigmentierung ist, wurde untersucht, ob bei gleichem Alter die Länge der weiß- oder gelbbäuchigen Aale dominierend ist.

Der Vergleich kann nur beim Alter zwischen 3 und 6 Jahren gemacht werden, während das Alter 7 und 8 Jahre nur Einzelwerte zeigt. Die Mittelwerte, die sich aus 6 bis 45 Einzelwerten ergeben, sind in Fig. 17 eingezeichnet. Daraus geht hervor, daß im Alter von 3 und 6 Jahren die gelbbäuchigen Aale durchschnittlich kürzer sind als die weißbäuchigen, während es sich beim Alter von 4 und 5 Jahren gerade umgekehrt verhält. Ohne sich auf genaue Werte festzulegen, ist dennoch die Tendenz zu ersehen, daß mit steigendem Alter die relative Längenveränderung bei den weißbäuchigen Gelbaalen abnimmt. Dies läßt sich auch aus der Gestalt der entsprechenden Regressionsgeraden, die in Fig. 18 eingezeichnet sind, bekräftigen. Danach

weisen die weißbäuchigen Gelbaale infolge der größeren Steigung der Geraden ein geringeres Längenwachstum als die gelbbäuchigen auf. Der relative Längenzuwachs wird daher bei größeren Längenwerten stets geringer, was sich in dem beschriebenen Abflachen der Kurve ausdrückt.

Auffallend ist jedoch das Wertepaar 62.8 cm und 5.0 Jahre, das sich aus der Berechnung des Schnittpunktes beider Regressionsgeraden ergibt. Ein ähnliches Wertepaar von 62.6 cm und 5.2 Jahren ergab sich aus dem Umschlagspunkt der breitköpfigen Blankaaale in die spitzköpfigen Blankaaale.

Bei einer Betrachtung der vorhergegangenen Vergleiche zwischen Gelb- und Weißbäuchigen läßt sich eine ganz geringe, wenn nicht sogar überhaupt keine Beziehung der beiden Merkmale erkennen. Betrachtet man hingegen die Regressionsgeraden der beiden Merkmale, so scheint hier ein plötzlicher Zusammenhang gegeben. Er läßt eine zuvor vermutete Beziehungslosigkeit mit einer sich daraus ergebenden Standortvarietät der Gelbaale zu einem kritischen Punkt werden, der angibt, wo und wann sich der gelbbäuchige Gelbaal zum weißbäuchigen und damit dann zum Blankaal entwickelt.

Diesdürfte aber eine vermeintliche Beziehung darstellen, da zu diesem Zeitpunkt, nämlich bei einem Alter von 4 Jahren und einer durchschnittlichen Länge von 53 cm, wie aus früheren Berechnungen zu ersehen ist, der Gelbaal sich bereits zum Blankaal umwandelt.

Somit dürfte zusammenfassend gesagt werden, daß bei einem Vergleich hinsichtlich unterschiedlicher Längen oder unterschiedlicher Gewichte bei Weiß- und Gelbbäuchigen keine Beziehung besteht, und daß dieses Phänomen einer Standortvarietät des Gelbaales zuzuschreiben ist.

4. Nahrungsuntersuchungen

a) Nahrungsbreite aller Aale

Das gesamte Darmkonvolut des Aales wurde in Bezug auf die Zusammensetzung der Nahrung in seiner monatlichen Variationsbreite untersucht.

Ziel dieser Untersuchung sollte einmal sein, festzustellen, was der Chiemseeaal schlechthin frißt. Zum anderen sollte untersucht werden, ob der Chiemseeaal Präferenzen hinsichtlich der Nahrungsauswahl aufweist.

Tabelle 6 zeigt nun in der ersten Spalte einen Katalog der am häufigsten vorgefundenen Nahrungselemente. Besonderheiten werden im Anschluß an das Kapitel aufgeführt.

Wie aus der Tabelle 6 hervorgeht, sind Fische mit einem Anteil von rund 43% die am stärksten vertretene und damit die beliebteste Nahrung. Ihnen folgen Pflanzenteile (28%), indeterminierte Dipteren (23.1%), Gastropoden (23.1%), Würmer (14,3%), Algen (13.7%), Trichopteren (10.4%) sowie eine Reihe anderer Nahrungselemente, deren prozentualer Anteil jeweils unter 10% liegt.

Eine weitere Untersuchung sollte feststellen, ob bei den Blank- und Gelbaalen Unterschiede auftreten in Bezug auf die Auswahl der Nahrungselemente. Es wurde bereits eingangs gezeigt, daß das Verhältnis der Gelb- zu den Blankaaalen bei den untersuchten Aalen rund 3 : 1 beträgt.

Würden unterschiedliche Präferenzen bei den Aalgruppen vorliegen, so müßte dieses Verhältnis bei einigen Nahrungselementen stark gestört sein. Wie jedoch aus der Spalte 3 und 4 der Tabelle 6 hervorgeht, bewegt

sich der Anteil der Gelbaale an der Beteiligung der Konsumierung zwischen 60 und rund 80%, meistens bei einzelnen Nahrungsteilen um 70 - 75%, was eine sehr gute Angleichung an obiges Verhältnis bedeutet. Abweichungen, die bei einigen Nahrungselementen darüber hinausgehen, sind unerheblich, da die Zahl der einbezogenen Aale zu gering ist.

b) Nahrungsbreite bezogen auf die Kopfform

Ähnlich verhält es sich im Hinblick auf die Kriterien Spitz- und Breitkopf. Die Gesamtzahl der untersuchten Aale teilt sich je zur Hälfte auf die beiden Kopfformen auf. Betrachtet man die Spalten 5 und 6 der Tabelle 6, so erkennt man auch hier, daß sich die Abweichungen in engen Grenzen halten.

Das Ergebnis läßt also den Schluß zu, daß sich sowohl Gelb- und Blankaal, als auch Spitz- und Breitkopf völlig indifferent in Bezug auf ihre Nahrungsauswahl verhalten.

c) Nahrungsbreite bezogen auf die Jahreszeit

Versucht man dagegen festzustellen, ob bei den untersuchten Aalen die Intensität in den verschiedenen Monaten unterschiedlich ist, so ergeben sich die Werte, die in der Tabelle 7 dargestellt sind.

Aus dieser Tabelle ist der deutliche monatliche Abfall des Verzehrs an Anneliden, die von 33.3% im Mai auf 3.6% im Juli absinken, zu erkennen. Bei den gefressenen Anneliden handelt es sich nämlich hauptsächlich um Regenwürmer, die von den Aalen zur Zeit der Überschwemmungsperiode auf dem überschwemmten Land aufgenommen wurden. Der Anteil der Würmer, die im Juni und Juli gefressen wurden, verteilt sich nur zur Hälfte auf Regenwürmer und zur anderen Hälfte auf Saitenwürmer, Turbellaria

und Tubificiden.

Bei dem Nahrungselement Fisch steigt der Anteil der Aale, die solche Nahrung aufnehmen, rapid im Monat Juli von 10.4% auf 80% sowie auf 96% im August. Dazu muß allerdings gesagt werden, daß es sich im August bei den untersuchten Aalen nur um Angelaale handelt, die mit Weißfischen angeködert wurden. Bei den ansonsten gefressenen Fischen handelt es sich in der Hauptsache um Rotaugen und Jungbarsche. Der rasche Anstieg an Fischverzehr hängt sicherlich mit der steigenden Erwärmung und der dadurch bedingten Gefräßigkeit der Aale zusammen.

Laut Tabelle läßt sich bei den Pflanzenteilen eine geringfügige Abnahme in den Monaten Juli und August erkennen. Dies dürfte wohl mit dem Zunehmen der allgemeinen Nahrungsfülle zusammenhängen, so daß auf diese Art von Nahrung nicht unbedingt in dem Maße zurückgegriffen werden muß. Allgemein möchte ich aber sagen, daß Pflanzenteile einen wichtigen Nahrungsbestandteil, ja vielleicht sogar ein zur Verdauung notwendiges Kriterium darstellen und nicht, wie ich zu Beginn meiner Untersuchungen annahm, nur ein Bestandteil sind, der rein zufällig bei der Aufnahme anderer Elemente mitgefressen wird.

Daß die indeterminierten Fluginsekten in den Monaten Mai und Juni den stärksten Anteil aufweisen, mag einerseits daran liegen, daß in diesen Monaten die ersten von ihnen in Scharen auftreten und auf Grund der langen vorhergegangenen Hungerperiode die Aale in den seichterem Teilen des Sees auf Jagd ausgehen. Andererseits aber suchen die Aale mit zunehmender Erwärmung mehr die Tiefen des Sees auf und nehmen dadurch als Bodenfische die ins Wasser gefallenen Insekten auch infolge größerer Nahrungsauswahl gar nicht mehr wahr. Teilweise konnten unter den Fluginsekten Waffen-, Schlamm-, Schweb- und Eintagsfliegen erkannt werden. Fanden sich aber trotzdem später in

den Monaten Juli und August noch Fluginsekten im Magen-Darmtrakt der Aale, so rührt das daher, daß die Aale nicht nur Bodennahrung (S e l i g o 1925), sondern auch auf der Wasseroberfläche schwimmendes Futter des abends unter laut schmatzenden Geräuschen zu sich nehmen.

Bei den Gastropoden dagegen läßt sich feststellen, daß der stärkste Anteil mit 45.5% auf den Monat Juli fällt, der zweitstärkste Anteil auf den Monat Mai.

Dagegen wurden im Juni bei keinem der gefangenen Aale Schnecken gefunden. Dazu ist hinzuzufügen, daß es sich bei den Gastropoden im Mai um Landschnecken aus dem Überschwemmungsgebiet handelt, während im Juli nur kleine Wasserschnecken, wie *Bythinia tentaculata*, *Galba truncatula* und Sumpfdeckelschnecke, gefressen wurden.

Die Algen scheinen eine stetige Zusatznahrung über die ganzen Monate hinweg darzustellen. Dagegen treten die Hefepilze nur im Mai in Erscheinung. Dies mag wohl in der allgemeinen Nahrungsarmut um diese Zeit und in der erst beginnenden Fraßperiode der Aale begründet sein.

Auf Trichopterenlarven scheinen die Aale immer wieder mit Vorliebe zurückzugreifen. Mit Ausnahme des Monates Juni, in dem keine entdeckt werden, zeigen sie in den Anteilen in den anderen Monaten relativ geringfügige Schwankungen.

Die Beteiligung am Fraß von Fischlaich ist bei den Chiemseeaalen im Jahre 1965 relativ gering, wenn nicht sogar bedeutungslos. Stellt der Anteil doch nur 7.4% der untersuchten Aale im Monat Mai und 2.1% im Juni dar. Absolut waren dies im Monat Mai 4 Aale, die mit unbestimmbaren Fischlaich neben anderer Nahrung, wie Coleopteren, Ephemeriden und Pflanzenteilen, im Magen-Darmtrakt vorgefunden wurden.

Die Krebse sind gleichsam ein über die ganzen Monate verteiltes Nahrungselement. Unter ihnen befanden

sich Copepoden, wie Flohkrebse, Muschelkrebse (Ostracoden) und Cladoceren.

Der Anteil der indeterminierten Larven ist im Monat Mai am höchsten. Darunter sind aber viele Larven von Landinsekten aufgenommen worden. Das Ergebnis in Bezug auf die Larven von Culex und Chironomus ergab ein ungenügendes Bild. So wurden sie erst im Juli entdeckt und da nur bei zwei Aalen.

Bei allen untersuchten Aalen fielen besonders zwei auf, die einen alienierten Appetit zu haben schienen. Der eine war voll mit kleinen Steinen, der andere über voll mit Schilfgras. Diese Besonderheit war nur im Mai aufgetreten und später nicht mehr. Interessant wäre nun die Untersuchung gewesen, ob es sich um eine Erscheinung von der vorangegangenen Hungerperiode her rührend oder um einen tatsächlichen Mangel an eventuell essentiellen Stoffen oder beiden zusammen handelt oder ob es sich überhaupt um eine Abnormität handelt.

Abschließend wäre noch zu bemerken, daß die Aale besonders im Frühjahr stark von Nematoden befallen waren, während dies später mit zunehmender Freßgier erheblich, ja fast ganz abnahm.

V. Besprechung der Ergebnisse

Bei einer Untersuchung nach Auswertung der festgehaltenen Merkmale und monatlichen Nahrungsverteilung lieferten 182 Chiemseeaale hinsichtlich der Abwachsverhältnisse ein interessantes Ergebnis.

Eingangs muß bemerkt werden, daß es sich bei den untersuchten Aalen nur um weibliche Fische handelt. Wenn man Frost's (1950) Begründung, daß das Vorkommen von einem sehr hohen Prozentsatz von männlichen Aalen für einen zu klein gewordenen Lebensraum spricht, zu Hilfe nimmt und bei Zugrundelegung der Meinung von D'Ancóna (1961), daß bei Glasaalen eine labile Geschlechtsanlage vorhanden ist, kann man die Prognose für eine positive Aalwirtschaft im Chiemsee günstig stellen. Oder aber der Aalbestand tendiert deshalb stark zum weiblichen Geschlecht, weil auf Grund der Erfahrung von Ehrenbaum (1930) und Dorfner (1952) die Abwachsverhältnisse desto besser sind, je weiter vom Meer entfernt sich das Aalgewässer befindet.

Betrachtet man nun die Angaben von Länge und Gewicht, so läßt sich feststellen, daß die Chiemseeaale entsprechend dem Ergebnis nicht sehr alt sind, im Gegensatz zu der Literatur, wo geringe Gewichts- und Längenangaben hohe Alterseinstufungen aufweisen. Bei meinen Untersuchungen ergaben die Hälfte der Aale ein Gewicht bis zu 290 g und eine Länge bis zu 58 cm, und 86,5% der Aale ergaben ein Gewicht bis zu 450 g und 90% bis zu 66 cm. Das Alter dieser Aale bewegte sich in der Hauptsache um 4 und 5 Jahre bzw. Ringzahl der untersuchten Schuppen. Zu diesen Angaben kommen für den Süßwasseraufenthalt noch 2 Jahre hinzu, die sich aus

der von mir berechneten Schuppen-Statolithen-Differenz ergab, und die in etwa mit der von R a h n (1955) übereinstimmt. Wie M a r c u s (1919) konnte ich eine beginnende Ringzubildung der Schuppen im Juli erkennen, die ich dann aber als volles Jahr zu der bestehenden Zahl hinzurechnete.

Nach einer Wahrscheinlichkeitsberechnung läßt sich über das Vorkommen der Gelbaale im Chiemsee aussagen, daß ein Anteil mit mindestens 69 - 81% vorhanden ist, was einen relativ hohen Prozentsatz an noch fangfähigen Gelbaalen und auch zum Teil Halbblankaalen besagt.

Die Angaben von T ö r l i t z (1929), daß Blankaaale, wenn sie als Gelbaale breit gewesen sind, wieder spitz werden, lassen sich an Hand einer Regression bestätigen. Aus dieser geht bei Blankaalen eine deutliche Tendenz zum Spitzkopf hervor.

Spitzköpfige und breitzköpfige Aale verteilen sich bei den untersuchten Aalen etwa zur Hälfte auf beide Kopfformen. Beide zeigen auch ein indifferentes Verhalten in Bezug auf die Länge und das dazugehörige Gewicht. Man kann daher nicht sagen, daß generell der Breitkopf (W a l t e r 1910, E h r e n b a u m 1930, B a u c h 1953) schwerer ist oder der Spitzkopf, wie dies R a h n (1955), und M a y e r - W a a r d e n (1964) feststellten.

Hinsichtlich der Verteilung der Kopfform auf Gelb- und Blankaaale getrennt, konnte eine Beziehung nur bei gleichem Alter und variabler Länge festgestellt werden. So ergab sich bei Breitzköpfigen ein etwa gleiches Längenwachstum sowohl bei den Gelb- wie bei den Blankaalen; hingegen war bei einem Vergleich das Wachstum der spitzköpfigen Gelbaale im Durchschnitt höher als das gleich-

alter spitzköpfiger Blankaale. Daraus kann man erkennen, daß die Blankaale relativ langsamer wachsen. Bei einer Betrachtung des Längenwachstums bei gleichem Alter nur bezogen auf Spitz- und Breitköpfe ergab sich ein etwas schnelleres Wachsen bei Spitzköpfigen, was wohl im relativ höheren Durchschnittsalter der Spitzköpfe gegenüber den Breitköpfen liegen mag. Hingegen konnte B a u c h (1953) ein schnelleres Wachstum bei breitköpfigen Aalen feststellen.

F r o s t (1945) und D e e l d e r (1957) glaubten, daß für das Blankwerden der Aale eher die Länge als das Alter ausschlaggebend ist, was ich auch bei meinen Untersuchungen bestätigt fand. F r o s t (1945) konnte für das Blankwerden der Aale im Windermere - Fanggebiet den kritischen Punkt im Mittel von 50 cm und 9 Jahren angeben. Die Ergebnisse der Chiemseeaale liegen zwischen denen von F r o s t (1945) und B e l l i n i (1906), der für weibliche Aale im Durchschnitt 4 1/2 Jahre und 55 - 66 cm und einen zweiten Punkt nach 6 1/2 - 7 Jahren bei einer Länge von rund 70 cm angab. Es ergab sich nämlich für das Blankwerden der untersuchten Aale ein Durchschnittswert von 6 Jahren und 53,6 cm. Ebenso ließ sich der Schnittpunkt errechnen, der angibt, wann die breitköpfigen Gelbaale zu spitzköpfigen Blankaalen werden. Der Mittelwert liegt bei 7.2 Jahren und einer Länge von 62.6 cm. Der Aal benötigt also ca. 1 1/2 Jahre, bis sich die Umwandlung unter langsamem Schwund der Kaumuskulatur vom breitköpfigen zum spitzköpfigen Aal vollzieht.

M a r c u s (1919), S c h i e m e n z (1935), M ü l l e r (1964) und K o o p s (1965) weisen auf starkes Auseinanderwachsen der Aale bei gleichem Alter hinsichtlich der Länge und des Gewichtes hin. Bei meinen Untersuchungen an Chiemseeaalen ließ sich ein solches auf einzelne Altersgruppen verteilt im Mittelwert

nicht feststellen. Allerdings sind teilweise extreme Längenangaben bei gleichem Alter zu verzeichnen, die aber bei einem relativen Durchschnittswert bei nur relativ wenig untersuchten Aalen kaum einen großen Aussagewert haben dürften und daher auch nicht als unbedingt zutreffend hingestellt werden dürfen.

Auf Grund der Untersuchung der Beziehung zwischen Gewicht und Alter läßt sich eine Gewichtsdivergenz bei steigendem Altersniveau zwischen Gelb- und Blankaalen zugunsten der Gelbaale feststellen. Auch ergab sich jährlich eine durchschnittlich höhere Gewichtszunahme bei Spitzköpfen als bei Breitköpfen. In der Literatur (B e l l i n i 1906, W a l t e r 1910, B a u c h 1953) allerdings ist das Gegenteil zu lesen. Dort ist das Gewicht der Breitkopf-Aale stets höher. Nur R a h n (1955) fand, daß das Gewicht mit dem Alter in Zusammenhang brachte, ein höheres Durchschnittsgewicht für die Spitzköpfe. Untersucht man die beiden Kopfformen im Hinblick auf das unterschiedliche Gewicht bei gleichem Alter getrennt bei Gelb- und Blankaalen, so kann man erkennen, daß die breitköpfigen sowohl bei Gelb- wie Blankaalen eine stärkere Gewichtssteigerung aufweisen als die spitzköpfigen Aale.

Die Gelbaale der Chiemseeaale zeigten eine unterschiedliche Bauchpigmentierung. Die einen waren weißbäuchig, die anderen gelbbäuchig. H ö f l i n g (1965) hielt eine Art, auf Grund ihrer unterschiedlichen Qualität im Bezug auf das Räuchern, für schwerer und größer. Hinsichtlich der Länge und des Gewichtes zeigten sie aber nach Aufstellung eines Vergleiches keine Unterschiede. Im Bezug auf die Länge ergab sich in etwa die Tendenz, daß die Längenveränderung bei Weißbäuchigen mit steigendem Alter abnimmt. Es könnte nun angenommen werden, daß es sich bei den weißbäuchigen

Aalen um die Übergänge zu den Blankaaalen handelt, da ja die Blankaaale wie eingangs festgestellt wurde langsamer wachsen. Bei einer Berechnung des Schnittpunktes aber liegt der Wert weitaus höher als für das Blankwerden errechnet worden ist. Somit neige ich zu der Annahme, dass dieses Kriterium des Gelbaales lediglich eine Standortvarietät darstellt und die dadurch bedingte Pigmentierung vom Untergrund, der ja im Chiemsee in den angegebenen Fangstellen meist hell und sandig ist, abhängig ist.

Auf Grund der Literaturangaben müßten breitköpfige und spitzköpfige Aale verschiedene Ernährungstypen (W a l t e r 1910, M a r c u s 1919, E h r e n b a u m 1930) darstellen. Im Chiemsee aber konnte ich eine Tendenz der Spitzköpfe, daß sie ausschließlich von Kleintiernahrung leben sollen, nicht bemerken. Es verhielten sich nämlich breit- und spitzköpfige Aale indifferent in Bezug auf die Nahrungsbreite. Die Spitzköpfe fraßen, im Gegensatz zu der in der Literatur verbreiteten Ansicht, daß diese Aale zu den Friedfischen gehören, genauso Fische wie die Breitköpfe. Dies kommt auch von S c h i e m e n z (1935) in seinen Aufzeichnungen festgehalten werden.

Hinsichtlich der Nahrungsaufnahme bei Gelb- und Blankaaalen stellte sich kein Unterschied heraus, wie das bei F r o s t ' s (1945) Untersuchungen der Fall war, daß sich Gelbaale ausschließlich von wirbelloser Bodenfauna ernährten.

Wie E h r e n b a u m (1930), S c h i e m e n z (1935), L a d i g e s (1936) und K ö t h k e (1961) die Vorliebe der Aale für Regenwürmer im Überschwemmungsgebiet feststellen konnten, so konnten bei den Untersuchungen an Chiemseeaalen ebenfalls die Regenwürmer

als Hauptnahrung zur Zeit der Überschwemmungsperiode verzeichnet werden.

Die von M a h n k o p f (1898), D r ö s c h e r (1829) und K ö t h k e (1961) festgestellte Freßperiode in Bezug auf bestimmte und vorwiegend dieselbe Nahrung zeigte sich bei Chiemseeaalen im Monat Juli, wo ausschließlich kleine Wasserschnecken verzehrt wurden. Nur wenige Nahrungselemente, wie Algen und Pflanzenteile sind in der Aufnahme über das ganze Jahr verteilt. Sie scheinen einen für die Verdauung wichtigen Bestandteil darzustellen und lassen den Schluß zu, daß es sich um essentielle Elemente in der Nahrungsaufnahme handelt.

Zusammenfassend kann aber gesagt werden, daß sich der Chiemseeaal außerordentlich dem jeweils gegebenen Nahrungsangebot anzupassen vermag und von Nahrungselementen, die am häufigsten vorhanden sind, auf Grund seiner omnivoren Veranlagung am meisten verzehrt. Somit möchte ich der Meinung S c h i e m e n z (1910) und K ö t h k e (1961) beipflichten, daß der Aal nur regulierend ins Naturgeschehen eingreift.

VI. Zusammenfassung

Es wurden 182 Chiemseeaale hinsichtlich ihrer verschiedenartigen Merkmale und deren Beziehung zueinander durch genaue Berechnung untersucht. Außerdem wurde die Nahrungsbreite der Chiemseeaale innerhalb einer Freßperiode in den Monaten Mai bis einschließlich August des Jahres 1965 festgehalten.

1. Es handelt sich bei den untersuchten Aalen um Fische, deren hauptsächliche Gewichtskonzentration mit 38% bei 275 - 300 g, mit 35% bei 225 - 250 g und mit 23% bei 425 - 450 g lag.
2. Die Länge bewegt sich mit dem größten Anteil der untersuchten Aale zwischen 57 und 60 cm (28,6%).
3. Das hauptsächliche Alter lag mit 65% bei 4 - 5 Jahren. Zu diesem Ergebnis sind aber noch jeweils 2 Süßwasserjahre hinzuzuzählen, die sich bei meinen Altersbestimmungen aus der Schuppen-Statolithen-Differenz ergaben.
4. Bei einer Unterscheidung zwischen Gelb- und Blankaalern ergaben sich $\frac{3}{4}$ der Anzahl als Gelb- und $\frac{1}{4}$ als Blankaal. Daraus ließ sich eine Wahrscheinlichkeitsberechnung für das Vorhandensein von Gelbaalen im Chiemsee mit einem Wert von 69% angeben.
5. Die Anteile der spitz- und breitzköpfigen Aale verteilte sich etwa auf die Hälfte mit 52,2% und 47,8%.
6. Bei insgesamt 136 Gelbaalen ließ sich eine Unterscheidung in Gelbbäuchige und Weißbäuchige treffen. Die Anteile der weißbäuchigen betrugen 33,8%, die der gelbbäuchigen Gelbaale 66,2%.

7. Nach einer Berechnung der Zusammenhänge der einzelnen untersuchten Merkmale zueinander zeigte sich eine starke Korrelation zwischen Länge und Gewicht, die besagt, daß einer Längenveränderung von etwa 4 cm eine Gewichtsveränderung von 100 g entspricht.
8. Bei einem Vergleich zwischen Spitzkopf und Breitkopf in Bezug auf unterschiedliche Gewichte bei gleicher Länge wurde das Ergebnis als indifferent bekannt.
9. Betrachtet man die Beziehung zwischen Länge und Alter, so kann man feststellen, daß einer Längenveränderung von 10 cm ein Alter von rund 1,1 Jahren entspricht. Es ergab sich auch das Alter als eine Funktion der Länge.
10. Bei gleichem Alter weisen die einzelnen Längenangaben bei den untersuchten Chiemseeaalen keine allzu großen Unterschiede auf. So zeigt z.B. das Alter 5 die geringste Streuung von 7,96%.
11. Gelbaale wachsen im Durchschnitt etwas schneller. Sie benötigen für 10 cm Längenwachstum 0,9 Jahre. Die Blankaale brauchen dazu 1,3 Jahre.
12. Chiemseeaale werden im Durchschnitt bei 53,6 cm und 6 Jahren blank.
13. Das Längenwachstum der spitzköpfigen ist wertmäßig etwas höher als bei den breitköpfigen Aalen, was sich aus dem höheren Durchschnittsalter der Spitzköpfe erklären läßt.
14. Das Längenwachstum der Breitköpfe aber ist sowohl bei Blankaalen als auch bei Gelbaalen gleich stark. Bei Spitzköpfen hingegen ist das Längenwachstum bei gleichem Alter im Durchschnitt bei den Gelbaalen höher als bei den Blankaalen.

15. Der Chiemseeaal wandelt sich im Durchschnitt bei einer Länge von 62,6 cm und 7,2 Jahren vom Breitkopf zum Spitzkopf.
16. Bei steigendem Altersniveau nimmt die Gewichts-differenz zwischen Gelb- und Blankaalen zugunsten der Gelbaale zu.
17. Legt man eine Gewichts-Alter-Korrelation zugrunde, dann ist die durchschnittliche jährliche Gewichts-zunahme bei Breitköpfen höher als bei Spitzköpfen. Bei einer Umwandlung vom breitzköpfigen zum spitzköpfigen Aal zeigt sich hier bei dieser Korrelation ein kritischer Punkt von 3,9 bzw., wenn man die Schuppen-Statolithen-Differenz hinzuzählt 5,9 Jahre, etwa das Alter des Blankwerdens.
18. Unter Berücksichtigung aller Merkmalsbeziehungen zwischen gelb- und weißbäuchigen Gelbaalen konnte auf Grund einer Berechnung erkannt werden, daß es sich dabei um eine Standortvarietät handeln muß.
19. Bei einer Nahrungsuntersuchung ergab sich an Hand einer tabellarischen Übersicht, daß Fische mit einem Anteil von 43% als beliebteste Nahrung der Chiemseeaale des Jahres 1965 anzusehen sind.
20. Eine unterschiedliche Nahrungsaufnahme von seiten der Gelb- und Blankaale, bzw. auch der Spitz- und Breitköpfe liegt bei den untersuchten Aalen nicht vor.
21. Bei einer monatlichen Verteilung der Nahrungsaufnahme läßt sich eine starke Präferenz der Aale für Regenwürmer aus dem Überschwemmungsgebiet erkennen.
22. Der Verzehr von Pflanzenteilen und Algen erstreckt sich über das ganze Jahr.

23. Fluginsekten wurden hauptsächlich im Frühjahr als Nahrungselemente angetroffen.
24. Die Larven der Trichopteren kommen als Bestandteile außer Juni das ganze Jahr etwa gleich stark vor. Im Juli ließ sich eine Vorliebe der Aale für kleine Wasserschnecken feststellen.
25. Bei einer Übersicht über die Nahrungsverteilung läßt sich bei den untersuchten Aalen insgesamt eine Anpassung an das monatliche Nahrungsangebot erkennen.

T a b e l l e 1

Häufigkeitsverteilung der Gewichte

Gewicht	Häufigkeiten		Gewicht	Häufigkeiten	
	absolut	relativ		absolut	relativ
gr		%	gr		%
90	2	1.10	500	1	0.55
125	1	0.55	550	5	2.75
150	3	1.65	575	4	2.20
175	11	6.05	600	2	1.10
200	6	3.30	625	1	0.55
225	19	10.45	650	3	1.65
230	1	0.55	750	2	1.10
250	15	8.25	950	1	0.55
260	2	1.10	1000	1	0.55
270	1	0.55	1050	1	0.55
275	18	9.90			
300	20	11.00	Gesamt	182	100.00
320	1	0.55			
325	2	1.10			
350	15	8.25			
375	7	3.85			
400	7	3.85			
410	3	1.65			
425	9	4.95			
450	14	7.70			
275	4	2.20			

T a b e l l e 2

Häufigkeitsverteilung der Längen

Länge	Häufigkeiten		Länge	Häufigkeiten	
	absolut	relativ		absolut	relativ
cm		%	cm		%
40	3	1.65	65	6	3.30
44	1	0.55	66	11	6.05
45	1	0.55	67	3	1.65
47	1	0.55	68	2	1.10
48	4	2.20	69	1	0.55
50	6	3.30	70	3	1.65
51	8	4.40	71	4	2.20
52	10	5.50	72	1	0.55
53	7	3.85	74	1	0.55
54	6	3.30	76	1	0.55
55	10	5.50	77	1	0.55
56	8	4.40	81	1	0.55
57	17	9.35	Gesamt	182	100.00
58	6	3.30			
59	17	9.35			
60	12	6.60			
61	9	4.95			
62	9	4.95			
63	8	4.40			
64	4	2.20			

T a b e l l e 3

Häufigkeitsverteilung des Alters

Alter	Häufigkeiten	
	absolut	relativ
Jahre		
bzw.		%
Ringe		
2	1	0.55
3	27	15.00
4	72	40.00
5	45	25.00
6	22	12.20
7	7	3.90
8	5	2.80
9	1	0.55
Gesamt	180	100.00

T a b e l l e 4

Häufigkeiten der einzelnen Merkmale

Untersuchungsmaterial		Häufigkeiten	
		absolut	relativ %
Gelbaal		136	74.7
Blankaal		46	25.3
Spitzkopf		95	52.2
Breitkopf		87	47.8
Gelbaal	spitzköpfig	67	49.2
	breitköpfig	69	50.8
Blankaal	spitzköpfig	28	60.8
	breitköpfig	18	39.2
Gelbaal	weißbäuchig	90	66.2
	gelbbäuchig	46	33.8

T a b e l l e 5

Streuung der Länge bei einzelnen Altersgruppen

Alter	arith. Mittel der Längenwerte	absolute Streuung der Länge	Variationskoeffizient = Streuung in % vom Mittelwert
Jahre			
bzw.	cm	cm	%
Ringe			
3	51.8	4.74	9.15
4	57.3	5.42	9.46
5	59.8	4.76	7.96
6	64.7	6.78	10.47

T a b e l l e 6

Nahrungselemente bei den einzelnen
Erscheinungsformen der Aale

Nahrungselemente	Anteil der Aale in % von 182	Anteil in %		Anteil in %	
		Gelb- aal	Blank- aal	Spitz- kopf	Breit- kopf
Indeterm.Dipteren	23.1	76.2	23.8	54.8	45.2
Anneliden	14.3	73.1	26.9	65.4	34.6
Gastropoden	23.1	69.0	31.0	47.6	52.4
Teleostei	42.9	68.0	32.0	42.3	57.7
Pflanzenteile	28.0	70.6	29.4	47.1	52.9
Indeterm.Larven	7.1	84.6	15.4	38.5	61.5
Trichopteren	10.4	68.4	31.6	52.7	47.3
Tabanidenlarven	7.1	76.9	23.1	53.8	46.2
Ephemeridenlarven	2.7	80.0	20.0	60.0	40.0
Libellenlarven	1.6	100.0	-	66.7	33.3
Cladoceren, Copepo- den, Ostracoden	6.6	75.0	25.0	41.7	58.3
Algen	13.7	68.0	32.0	64.0	36.0
Hefepilze	6.0	72.7	27.3	54.5	45.5
Indeterm. Laich	2.7	80.0	20.0	80.0	20.0
Coleopteren	4.4	75.0	25.0	50.0	50.0
Polypen	2.7	80.0	20.0	60.0	40.0
Schwämme	1.6	100.0	-	66.7	33.3
Detritus	11.0	60.0	40.0	50.0	50.0
Leerer Darmtrakt	8.2	93.3	6.7	66.7	33.3
Isopoden, Amphipoden	1.6	100.0	-	66.7	33.3
Spinnen	0.6	100.0	-	100.0	-
Nematoden	11.5	81.0	19.0	57.2	42.8

T a b e l l e 7

Auftreten der Nahrungselemente bei den
einzelnen Monaten

Nahrungselemente	Anzahl der Aale absolut				Anzahl der Aale relativ %			
	Mai	Juni	Juli	Aug.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Indeterm.Dip- teren	15	15	6	6	27.8	31.2	10.9	24.0
Anneliden	18	6	2	-	33.3	12.5	3.6	-
Gastropoden	14	-	25	3	25.9	-	45.5	12.0
Teleostei	5	5	44	24	9.3	10.4	80.0	96.0
Pflanzenteile	17	17	10	7	31.5	35.4	18.2	28.0
Indet.Larven	3	1	9	-	5.6	2.1	16.4	-
Trichopteren	6	-	9	4	11.1	-	18.8	16.0
Tabanidenlarven	3	-	5	5	5.6	-	9.1	20.0
Ephemeren- larven	4	-	-	1	7.4	-	-	4.0
Libellenlarven	1	-	2	-	1.9	-	3.6	-
Cladoceren, Cope- poden, Ostracoden	2	1	7	2	3.7	2.1	12.7	8.0
Algen	10	7	4	4	18.5	14.6	7.3	16.0
Hefepilze	11	-	-	-	20.4	-	-	-
Indeterm.Laich	4	1	-	-	7.4	2.1	-	-
Coleopteren	1	-	4	3	1.9	-	7.3	12.0
Polypen	-	5	-	-	-	10.4	-	-
Schwämme	-	3	-	-	-	6.3	-	-
Detritus	15	3	2	-	27.8	6.3	3.6	-
Leerer Darmtrakt	4	11	-	-	7.4	22.9	-	-
Iso-, Amphipoden	1	-	2	-	1.9	-	3.6	-
Spinnen	-	-	1	-	-	-	1.8	-
Nematoden	9	7	4	1	16.7	14.6	7.3	4.0

Häufigkeitsverteilung der Gewichte



Fig. 1

Häufigkeitsverteilung der Länge



Fig. 2

Häufigkeitsverteilung des Alters

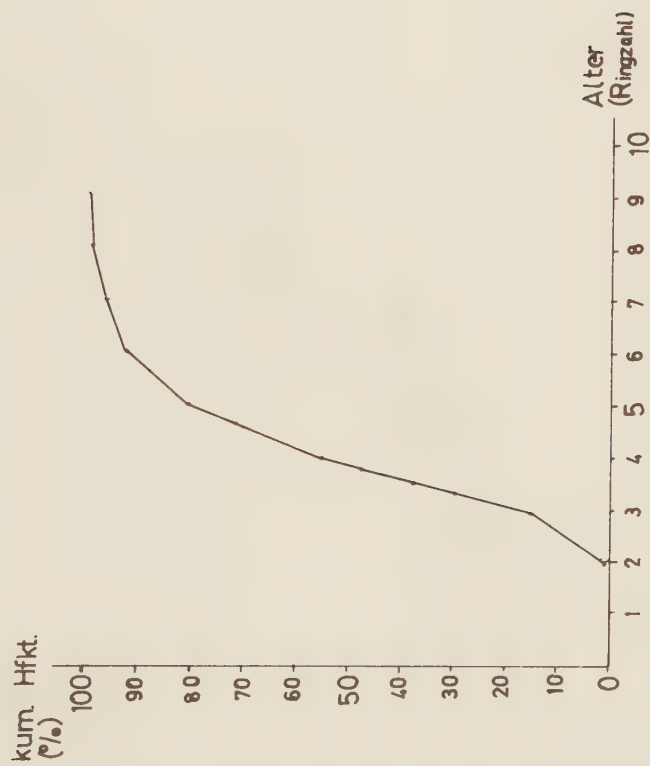


Fig. 3

Länge - Gewicht

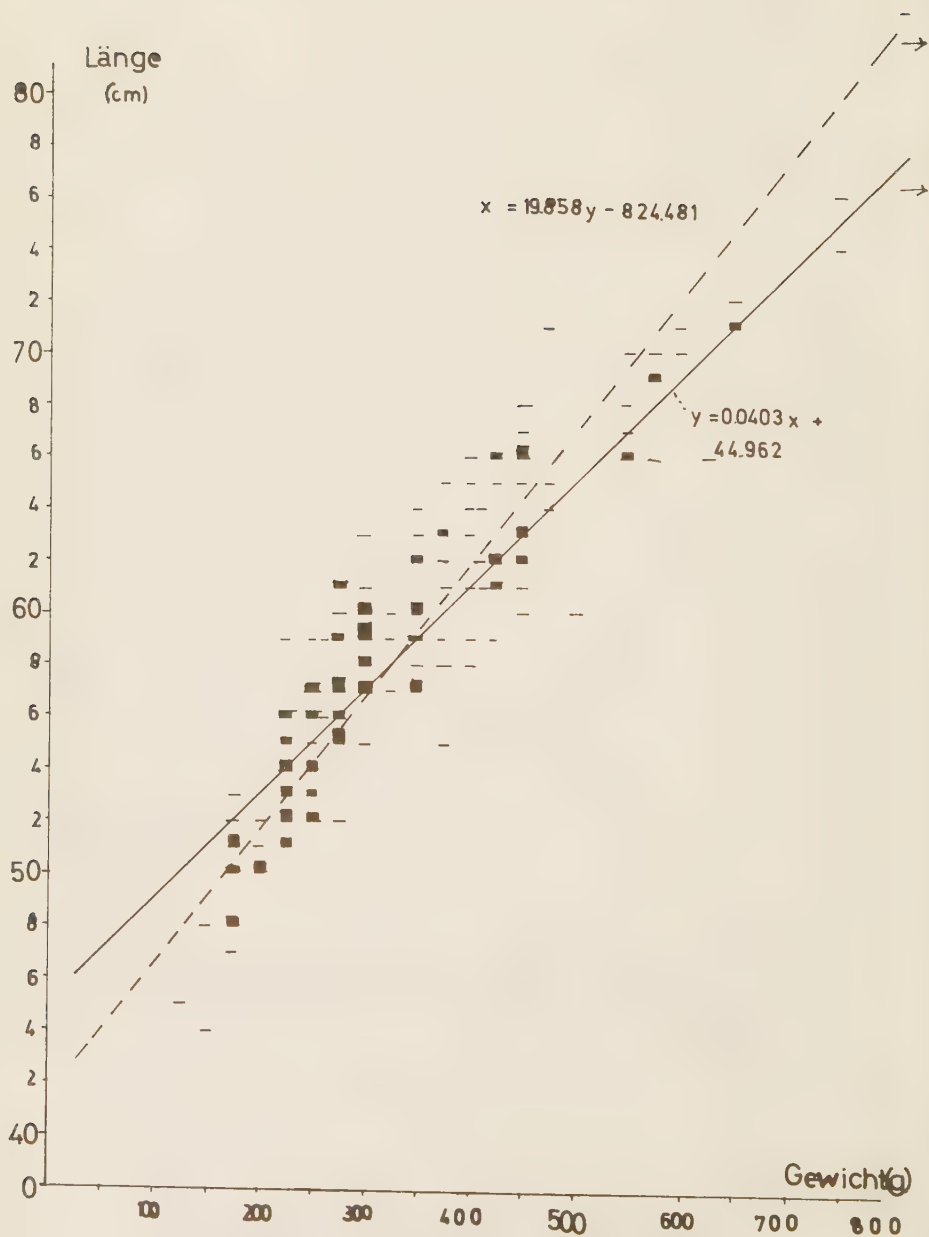


Fig. 4

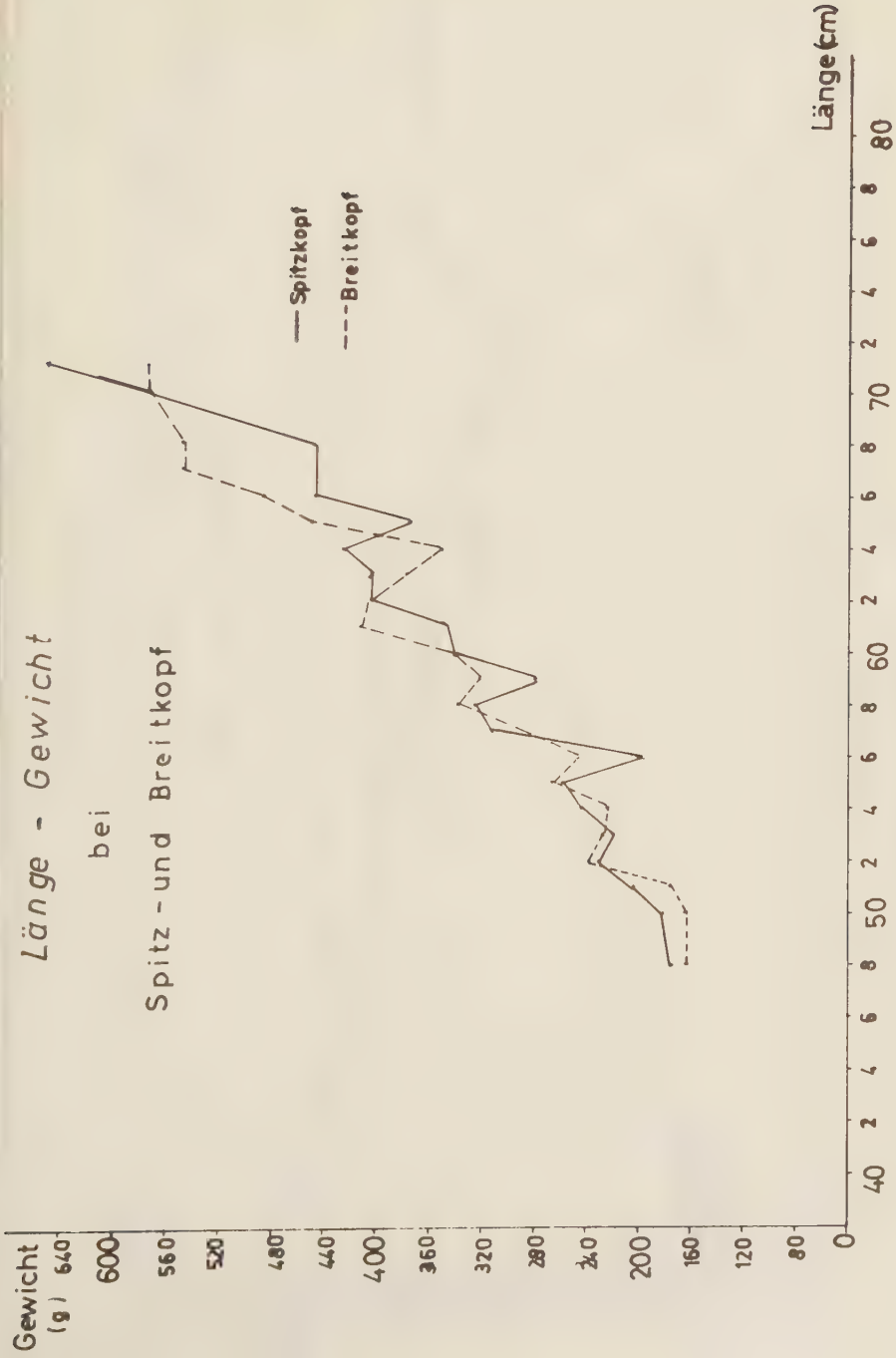


Fig. 5

Länge - Alter

unterteilt nach

Gelb - und Blankaal

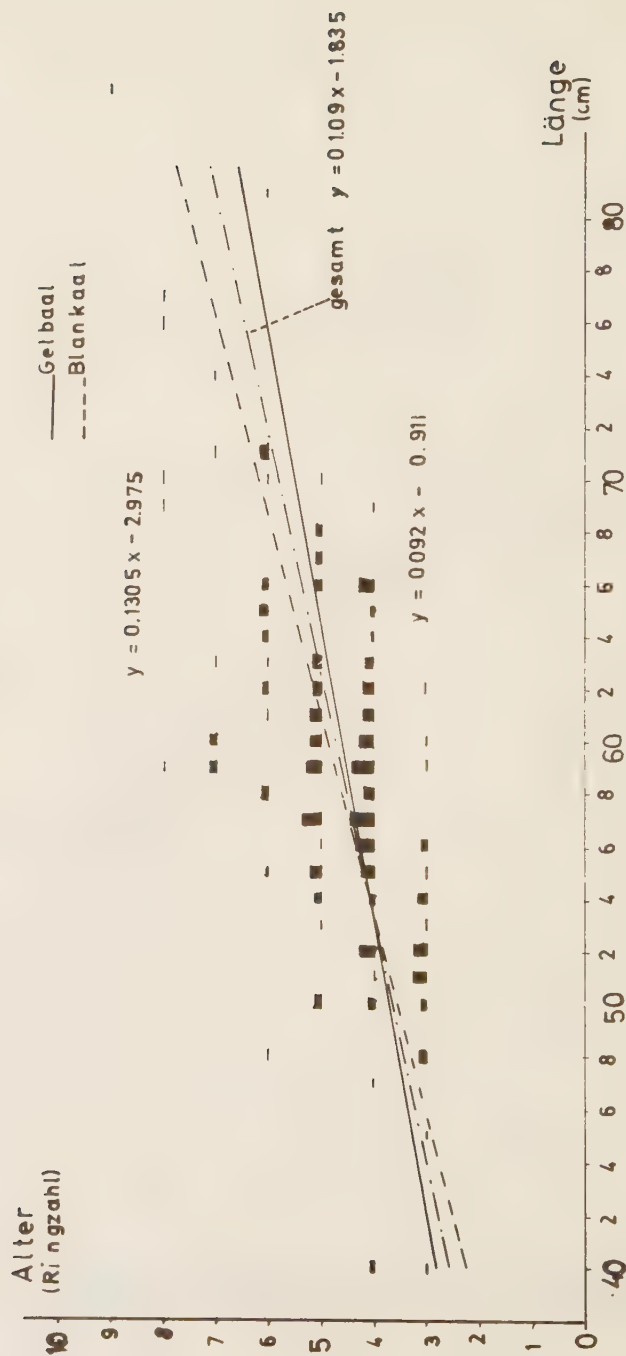


Fig. 6

Länge - Alter

unterteilt nach

Spitz- und Breitkopf

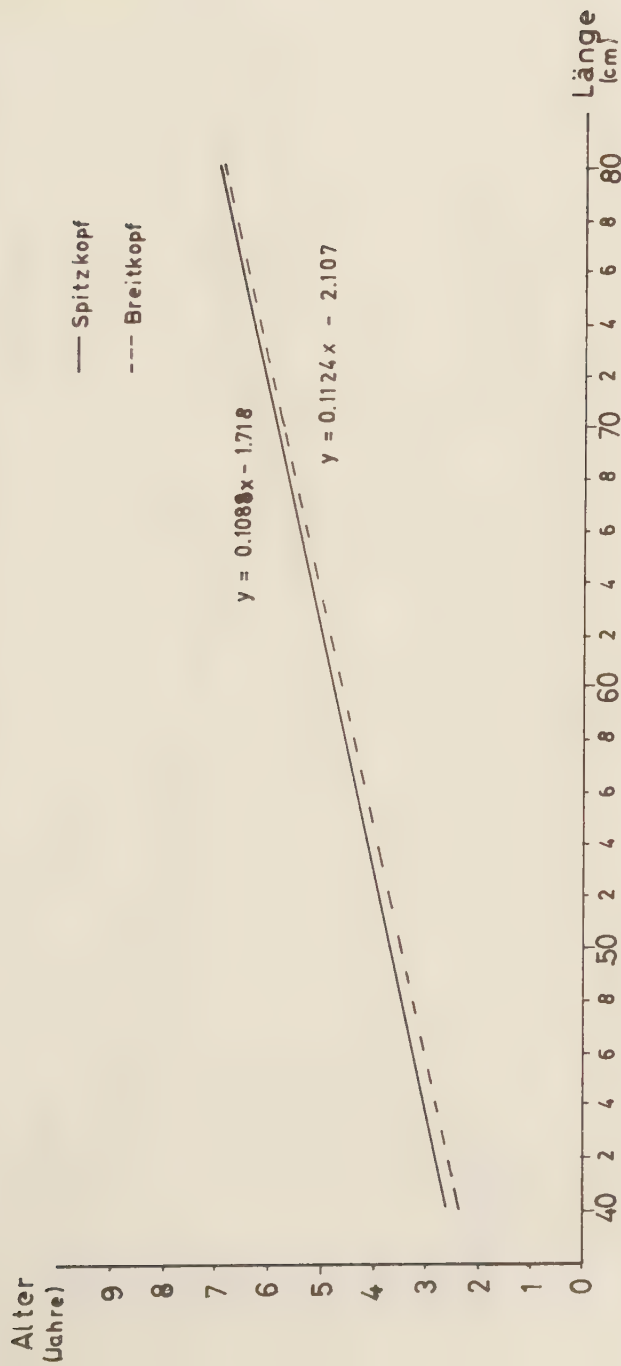


Fig. 7

Länge - Alter bei Gelbaalen

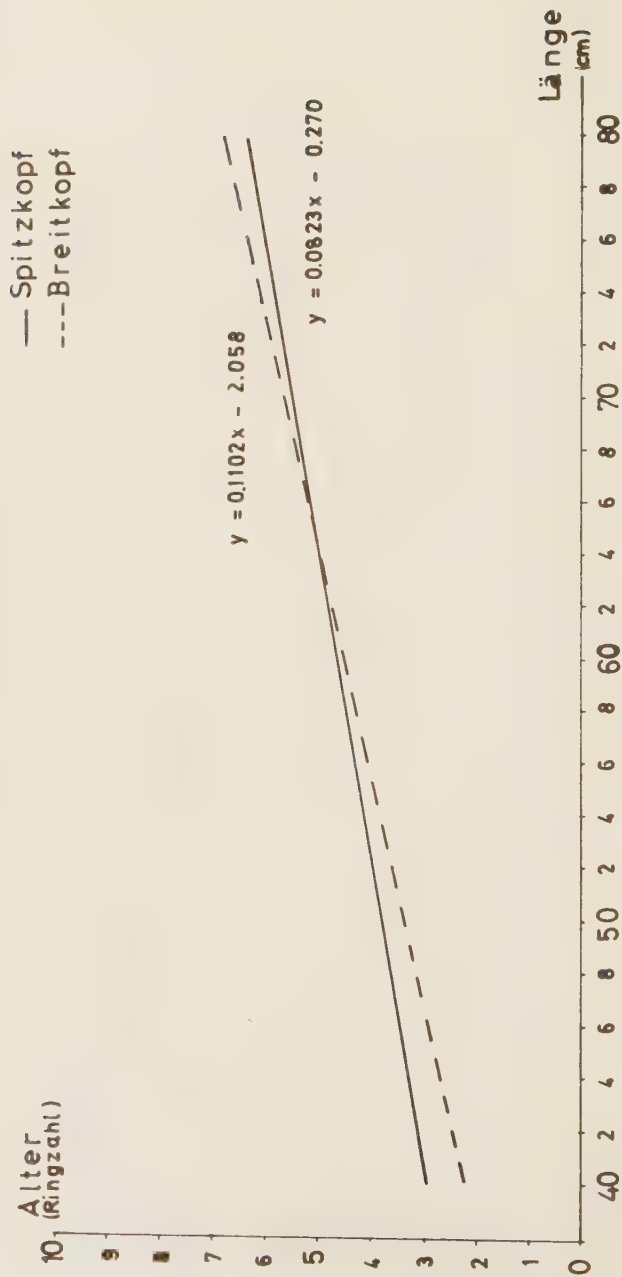


Fig. 8

Länge — Alter

bei

Blankaalen

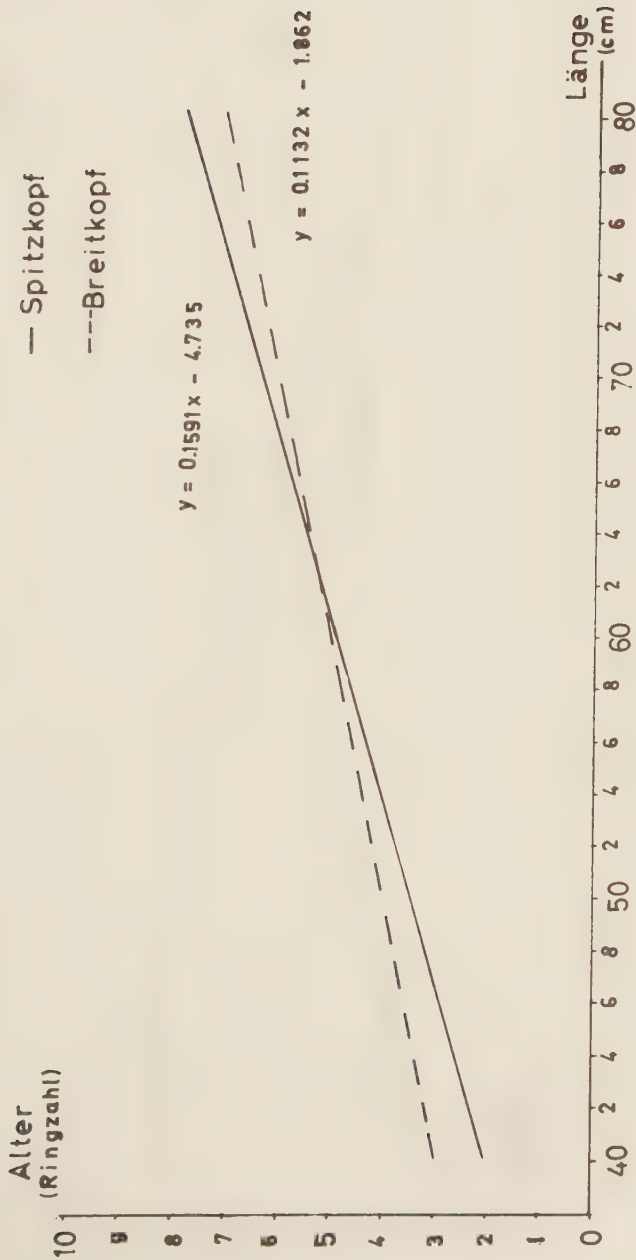


Fig 9

Länge - Alter

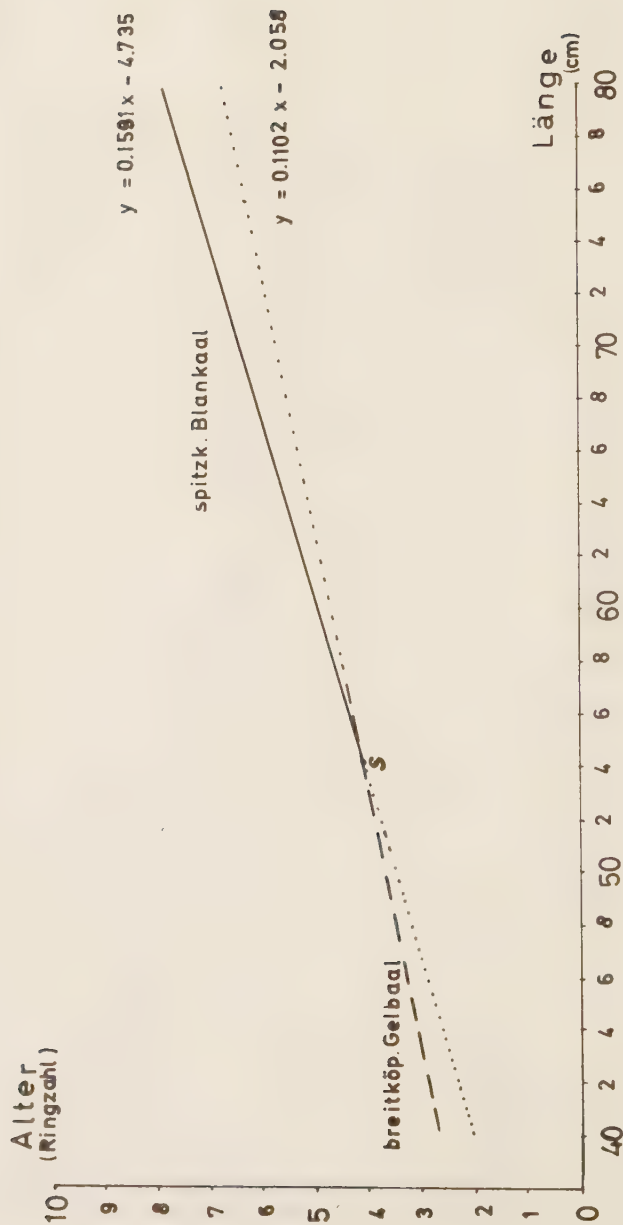


Fig. 10

Gewicht — Alter

bei

Gelb- und Blankaalen

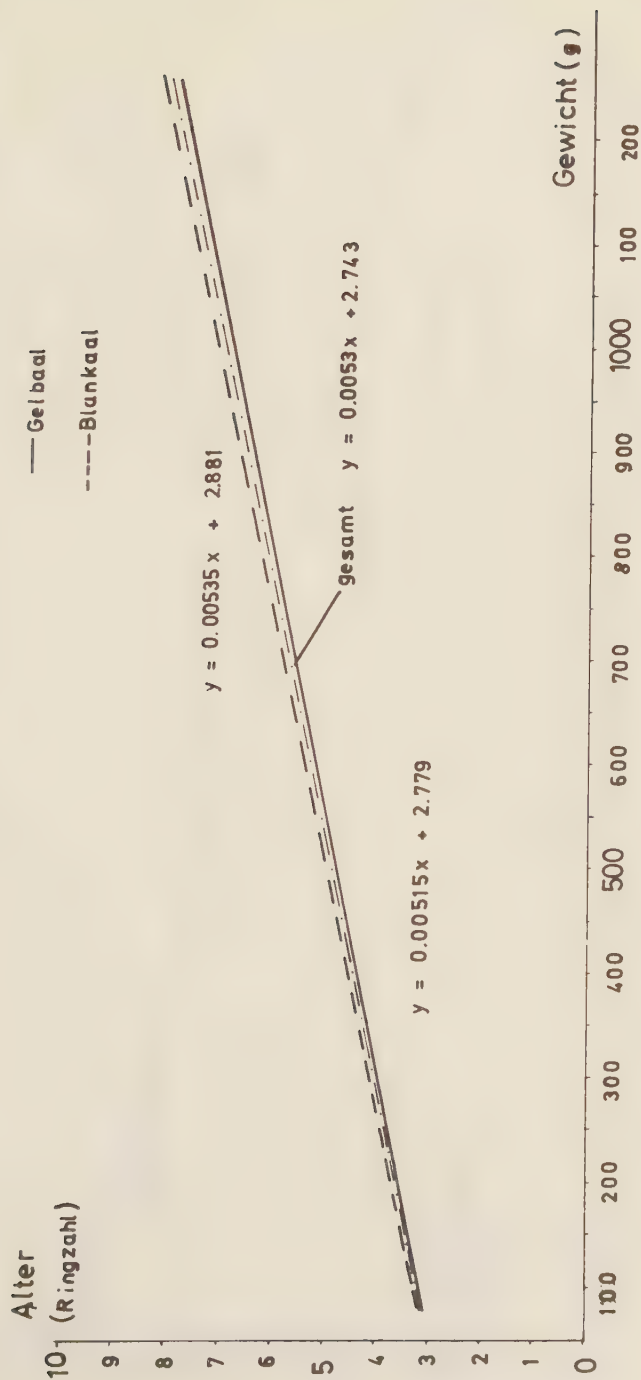


Fig. 11

Gewicht - Alter

bei

Spitz- und Breitkopf

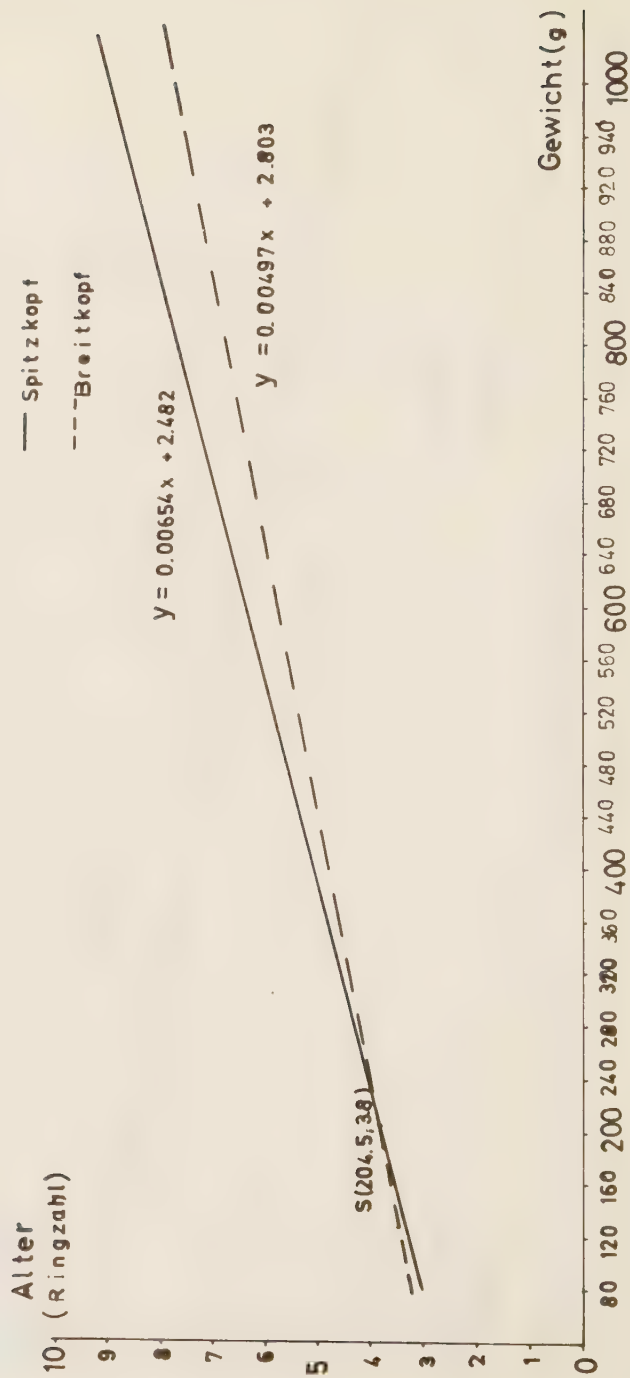


Fig. 12

Gewicht — Alter

bei

Gelbaalen

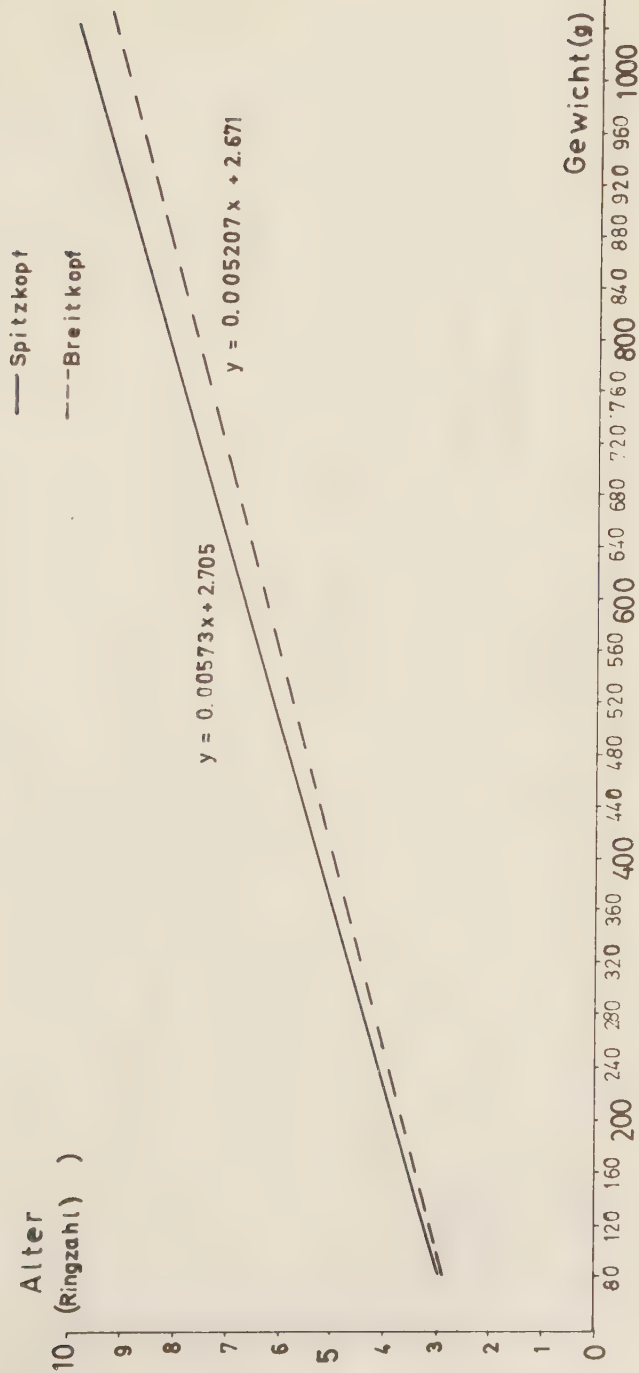


Fig. 13

Gewicht — Alter

bei

Blankaalen

— Spitzkopf
 --- Breitkopf

Alter
 (Ringzahl)

$$y = 0.00739 x + 2.163$$

$$y = 0.00449 x + 3.195$$

Gewicht(g)

80 120 160 200 240 280 320 360 400 440 480 520 560 600 640 680 720 760 800 840 880 920 960 1000

Fig. 14

Gewicht — Alter

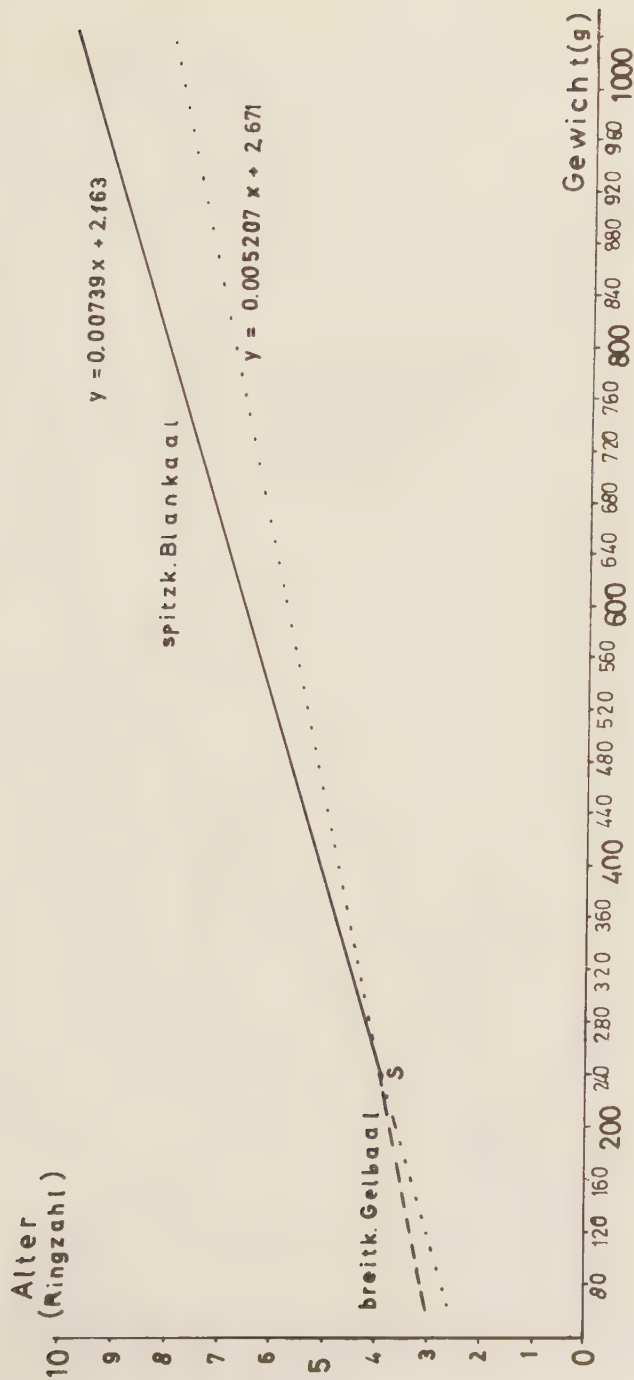


Fig. 15

Weiss- und gelbbäuchige Gelbaale

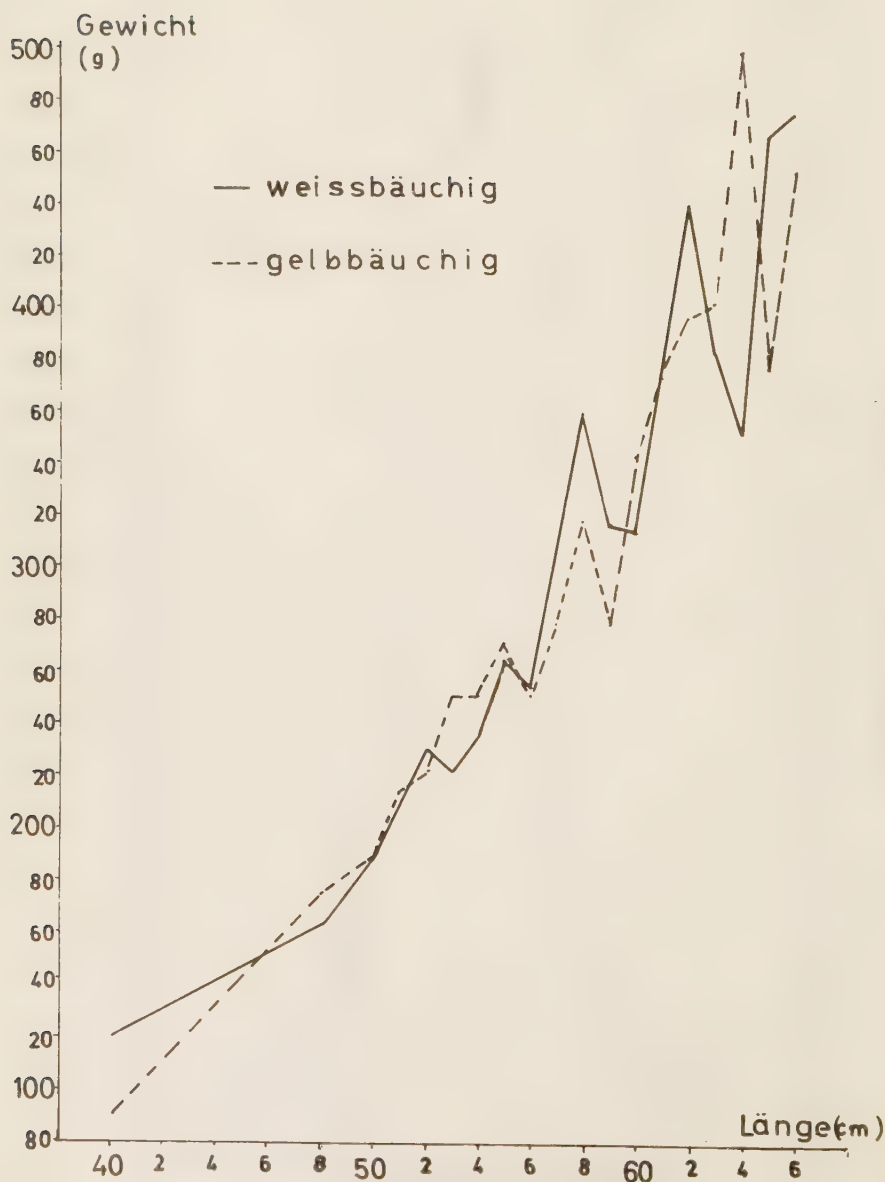


Fig. 16

Länge - Alter

bei

weiß - und gelbbäuchigen

Gelbaalen



Fig. 17

Länge - Alter

bei

weiß- und gelbbäuchigen Gelbaalen

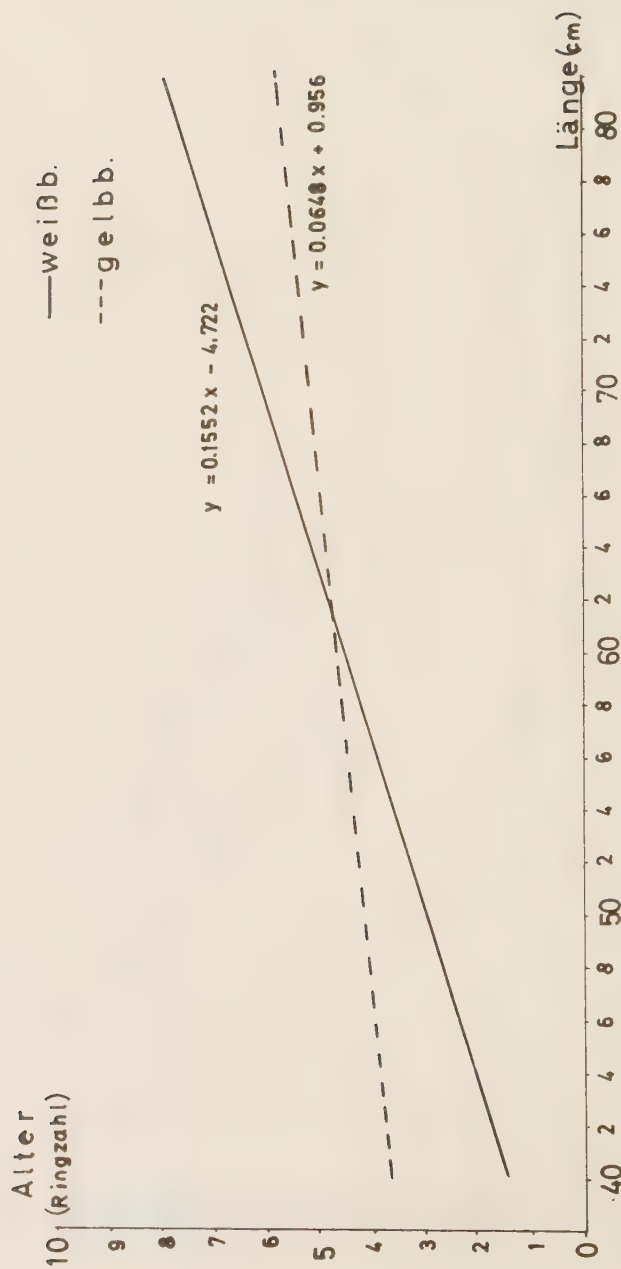


Fig. 18

Teil B:

U n t e r s u c h u n g e n z u r o p t i s c h e n R e a k t i o n d e r A a l e

I. E i n l e i t u n g

Mit zunehmender Nutzbarmachung der Flüsse für die Energiegewinnung ergeben sich für die Fischwirtschaft immer von neuem Probleme. In besonders starkem Ausmaße droht dem Aalbestand durch die zermalmende Eigenschaft der Turbinen eine tödliche Gefahr, da der Aal seiner Gestalt wegen die teils zu weiten Schutzrechen passieren kann.

Die enormen Aalschäden, die durch die Elektrizitätswerke entstanden sind und noch entstehen, sollen bis zu 20% des Aalbestandes betragen, wie aus der Literatur (S c h i e m e n z 1960) zu ersehen ist. Auf Grund solcher Schäden, die z.B. auch an meinem Wohnort an der Alz in großem Umfange vorzufinden sind, ist es notwendig, dringend Abhilfe zu schaffen.

Da der Weite der Schutzrechen von Seiten der Energiegewinnung Grenzen gesetzt sind, lag der Gedanke nahe, mit anderen Mitteln und Methoden die Schäden zu verhindern.

Nachdem bereits vergebliche Versuche mit schwach elektrischen Stromstößen unternommen worden waren, stellte mir Herr Prof. Dr. H. Liebmann die Aufgabe, die Lichtscheue der Aale, die bereits allgemein bekannt war, genauer zu prüfen.

Im nun folgenden Teil dieser Arbeit über biologische Beobachtungen an Aalen soll untersucht werden, inwieweit sich diese Photophobie der Aale als Scheuchwirkung ausnützen läßt, sie von den Turbinen abzulenken.

II. L i t e r a t u r

A) Lichteinwirkung allgemein auf Fische

Nicht nur das Leben auf dem Land, sondern auch das im Wasser ist stark vom Tag-Nacht-Rhythmus abhängig. Zur Vortäuschung dieses Rhythmus spielt seit langem in fremden Ländern (Japan, Mittelmeerländer, Rußland) die Verwendung künstlichen Lichtes zum Fang von Fischen eine große Rolle.

Bei dem Einfluß des künstlichen Lichtes auf Fische ist die Größe der Lichtintensität für ihr Verhalten ausschlaggebend, wie dies aus den Beobachtungen von K r e f f t und S c h u b e r t (1950) zu entnehmen ist.

Auch zeigten dies Versuche in England. Dort brachte man die Tiefenwanderung der Fische in Abhängigkeit mit dem Licht. Je tiefer nämlich das Wasser ist, desto weniger trüb ist es und um so größer ist seine Lichtdurchlässigkeit. So gelang es nämlich auch, Heringschwärme durch künstliches Licht zum Absinken zu bringen, so daß sie förmlich ertranken.

Nach L a ß l e b e n (1952) kann das kurzwellige Licht einen belebenden Einfluß und damit ein photokinetisches Verhalten der Fische hervorrufen. Eine gegenteilige Wirkung läßt sich allerdings bei künstlichen UV-Strahlen zeigen. Mittels dieser kann man Fischen nicht nur schwere Verbrennungen zufügen, sondern sie sogar töten.

Aus dieser allgemeinen Kenntnis über den Einfluß künstlichen Lichtes auf Fische, ist es interessant, diesen bei Aalen genau zu betrachten.

B) Lichteinwirkung auf Aale

In Bezug auf die Photophobie der Aale wurden von dem dänischen Fischereigelehrten P e t e r s e n bereits im Jahre 1904 am Öre Sund die ersten Versuche unternommen.

"Er ließ den kleinen Belt, der als Wanderstraße für ozeanwärtsziehende Aale eine gewisse Rolle spielte, mit einer Anzahl untergetauchter Lampen in der Anordnung absperren, daß nur die unmittelbar am Lande gelegenen Teile der Wasserstraße im Dunklen blieben und somit dem Fang zugänglich waren". Im Jahre 1908 erzielte er einen besseren Erfolg mit Azetylenlichtscheinwerfern über Wasser (E h r e n b a u m 1930).

Inzwischen wurden in verschiedenen Ländern seit mehreren Jahrzehnten Untersuchungen darüber angestellt, wie die Fangtechnik des Blankaales mit Licht entscheidend verbessert werden kann. M e y e r (1938) ist der Meinung, daß beim Aalfang dem Licht nur eine untergeordnete Bedeutung zukomme. Vielmehr wird er durch meteorologische und kosmische Einflüsse begünstigt.

L o w e (1952) erzielte mit ihren Versuchen auf einen verbesserten Blankaalfang einen 90%-igen Erfolg. Sie ließ im ersten Teil des Versuches einen Fluß zuerst quer durch relativ schwache Lampen, die an einer Leine aufgezogen waren, absperren. Dann wurde das Licht halbstündlich ein- bzw. ausgeschaltet, wobei sich erwies, daß sich die Aale durch das eingeschaltete Licht zurückhalten ließen.

Im zweiten Teil des Versuches unterteilte sie dann den Fluß in zwei Hälften, wobei sie abwechselnd die linke und dann die rechte Seite beleuchtete. Die Fangergebnisse waren in der jeweils dunkleren Hälfte deutlich höher.

B r ä u t i g a m (1961) konnte auf der unbeleuchteten Seite in den Küstengewässern der sog. DDR einen Erfolg mit 88% bei seinen Fangergebnissen angeben. In der Ostsee hatte er nämlich im Jahre 1960 einen Großversuch mit Unterwasserkameras und Tauchern angelegt.

Der letzte Versuch in Bezug auf die Photophobie der Aale stammte von H ö l k e (1964) in Karlshagen. Er führte den Versuch in der Anordnung aus, daß er drei Jahre lang einen Fluß mit einer durchgehenden Lichterkette, deren Lichtkegel sich jeweils überschneiden, zur Hälfte quer abriegelte. Die Lichtintensität der einzelnen Lampen betrug 200 W. In der dunklen Hälfte des Flusses befand sich das Reusensystem (Abb. 1).

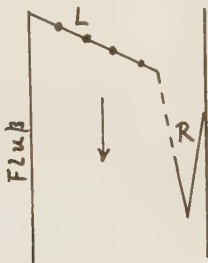


Abb. 1

Er schrieb hierzu, daß er bei abgeschalteten Lampen nur 5 - 10% der sonst erhaltenen Fänge erzielte.

C) Physiologische und physikalische Gesetzmäßigkeiten

Die Anatomie des Fischeauges zeigt, daß es annähernd kugelig gestaltet ist. Nach W u n d e r (1930) ist es derart gebaut, daß der größte Teil der Netzhaut, nämlich die oberen $\frac{2}{3}$, besonders das vom Boden horizontal von vorne in das Auge fallende schwächere Licht gut auswertet (Abb. 2).

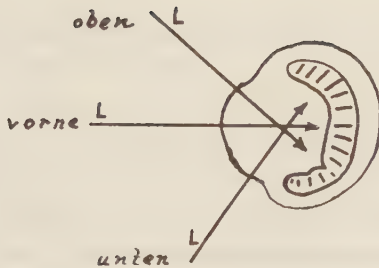


Abb. 2

Daher sah ich mich unter anderem veranlaßt, bei meinen Versuchen nur Unterwasserscheinwerfer und keine Überwasserbeleuchtung, wie dies P e t e r s e n (1904) in seinem zweiten Versuch getan hatte, zu verwenden. Weitere Faktoren, wie die Tatsache, die H e s s (1912) angibt, daß ein ziemlich großer Raum über dem Kopf eines Fisches von ihm nicht gesehen wird, bekräftigten meinen Entschluß, Unterwasserlampen einzusetzen (Abb. 3).



Abb. 3

Auch wäre bei Überwasserbeleuchtung der Verlust an Lichtstrahlen infolge der Zerstreuung an der Oberfläche des Wassers und infolge der Absorption von Licht mit zunehmender Tiefe und in strömendem und trübem Wasser erheblich.

Anders verhält es sich mit Lichtstrahlen, die vom Wasser in die Luft gehen. Diese werden nämlich total reflektiert, wenn sie in einem Winkel auf die Wasseroberfläche fallen, der größer ist als $48\frac{1}{2}^{\circ}$. Somit dürfte die Lichtausbeute mit Unterwasserscheinwerfern eine weitaus größere sein.

III. E i g e n e U n t e r s u c h u n g e n

A) Aquarienversuch

Bevor ich zum Naturversuch übergang, wollte ich zunächst die Lichtempfindlichkeit der Aale im Aquarium mit den mir zur Verfügung stehenden Lampen erproben.

1. Material und Methodik

Da bekannt war (B r ä u t i g a m 1961), daß die negative Phototaxis des Gelbaales nicht so ausgeprägt ist und dieser für die Versuche außerdem nicht in Betracht kam, weil ihm ein ausgesprochener Wandertrieb fehlt, nahm ich zunächst einen Blankaal von 65 cm Länge. Er kam in ein Wasserbecken von 1.50 m Länge, 60 cm Breite und 50 cm Tiefe.

Die Gewähr des Unterschlupfes war durch zwei aneinandergelegte, im Durchmesser halbierte Drainagerohre gegeben.

Bei der ersten Versuchsreihe verwendete ich warmes Licht. Später dann kaltes, d.h. Neonlicht, da es zunächst für einen Naturversuch nur brauchbare Unterwasserlampen in Form von Leuchtstoffröhren zu geben schien.

Für den ersten Beleuchtungsversuch nahm ich eine Taschenlampe mit zwei Stabbatterien, die ich gegen das Eindringen von Wasser abdichtete.

Der Aal wurde im Abstand von 30 cm direkt von vorne angeleuchtet.

Beim zweiten Versuch verwendete ich eine Tischstehlampe mit einem Reflektorschirm, mit der ich, da es aus Gründen der Sicherheit nicht möglich war diese unter Wasser einzubauen, die Wasseroberfläche beschien.

Mit dieser Lampe konnte ich einen gezielten Lichtkegel in das Wasser werfen, ohne befürchten zu müssen, einen großen Lichtverlust zu haben, da das klare Wasser eine geringe Tiefe aufwies.

Somit konnten in diesem Versuch die verschiedenen Lichtstärken dadurch erprobt werden, daß die einzelnen Glühbirnen durch jeweils solche mit höherer Wattzahl ersetzt werden konnten.

Für alle Versuche wählte ich jeweils 5 Minuten an Beleuchtungsdauer und anschließend einen Tag Pause, da alsbald eine Gewöhnung des Tieres an das jeweilige Licht einzutreten begann. Der Aal hätte dann durch einen neuen ersetzt werden müssen.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurden nun Neonröhren eingesetzt. Diese wiesen jeweils eine verschiedene Spektralbreite auf, um eventueller farblicher Abhängigkeit im Verhalten (v. F r i s c h 1910) der Aale gerecht zu werden.

So begann ich die Beleuchtung der Wasseroberfläche mit einer 20 W Röhre, deren spektrale Strahldichtverteilung dem Tageslicht entsprach, mit einer Lichtausbeute von 43 lm/W und einer Leuchtdichte von 0.45 cd/cm^2 . Der Kulminationspunkt des Spektrums lag bei einer Wellenlänge von 436 nm.

Nacheinander erprobte ich sieben verschiedene Leuchtstoffröhren mit einer Leistung von je 20 W, deren

Maximum an spektraler Strahldichtverteilung sich vom blauen über den gelben bis zum roten Bereich erstreckte. Der sichtbare Bereich erstreckt sich jeweils in einer Wellenlänge von 380 nm - 780 nm. Die Lichtausbeute der sieben Leuchtstoffröhren steigert sich von 40 lm/W auf 56 lm/W und die Leuchtdichte von 0.40 cd/cm² auf 0.60 cd/cm².

2. Ergebnis

Bei der ersten Versuchsreihe zeigte der Aal auf die Beleuchtung mit der Taschenlampe eine starke Reaktion, indem er sich blitzschnell in die Drainageröhren zurückzog. Bei Verringerung des Abstandes konnte man ihn sogar rückwärts aus der Röhre drängen, wobei er den gleichen Abstand zur Lichtquelle wahrte. Dies ist vielleicht auf das "Lichtoptimum" zurückzuführen, das K r e f f t und S c h u b e r t (1950) jedem Fisch zuschreiben.

Ein Auf- und Abblinken hatte jeweils wieder ein kurzes Zurückzucken des Aales zu verzeichnen.

Die Tatsache, daß der Aal gleichzeitig mit beiden Körperenden aus den Drainageröhren hervorragte, veranlaßte mich zu einer abwechselnden Beleuchtung der hervorragenden Körperteile. Ebenso konnte ich das Mittelstück des Aalkörpers beleuchten, wenn ich die beiden Unterschlupfröhren auseinanderzog. Bei Beleuchtung des Kopfes zog sich der Aal zurück. Bei Beleuchtung des Schwanzes machte der Aal eine Vorwärtsbewegung bis der hintere Körperteil in "Sicherheit" war. Gleichfalls erfolgten heftige Schlängelbewegungen bei Beleuchtung

des Mittelstückes. Überhaupt schien es mir, daß dieser Aal am Kopf weniger lichtempfindlich war als an den anderen Körperstellen.

Dieses Verhalten brachte mich ebenfalls zu der Annahme, daß der Aal, wie *d e l a M o t t e* (1964) feststellte, lichtempfindliche Stellen in der Haut besäße. Allerdings konnte ich diese Vermutung bisher nicht nachweisen, nachdem ich den Aal in Narkose geblendet hatte.

Bei der Verwendung der Tischlampe mit verschiedenen starken Glühlampen (20 - 150 W) konnte ich keine gesteigerte photophobe Reaktion feststellen. Ebenso änderte sich die Empfindlichkeit der Aale gegenüber den sieben Leuchtstoffröhren mit ihren unterschiedlichen spektralen Strahldichtverteilungen und den damit verbundenen unterschiedlichen Wellenlängen offensichtlich nicht.

Vielmehr kam ich zu dem Schluß, daß nur das momentane Einschalten von Licht eine Fluchtreaktion auslöste.

Der Nachteil der Leuchtstoffröhren erwies sich in der diffusen Verteilung des Lichtes, weswegen auch die Reaktion der Aale eine sehr geringe gewesen ist.

Auch scheint mir die Lichtempfindlichkeit, wie *K r e f f t* und *S c h u b e r t* (1950) sagen, vom Alter abhängig zu sein. Ich neige daher gleichsam zu der Annahme, daß die Aale eine erhöhte Lichtempfindlichkeit mit zunehmendem Alter und dem dadurch bedingten Blankwerden erhalten, und deswegen auch immer größer werdende Tiefen im Verlaufe ihrer Wanderung aufsuchen.

B) Naturversuch

1. Material

Nachdem die negative Phototaxis der Aale feststand und von mir nochmals überprüft war, sollte ein Großversuch in der Ischler Aache (Bild 1) erfolgen, einem Zufluß der Alz. Genehmigung zur freien Benützung des Baches während der Dauer des Versuches erteilte die Inhaberin C. Kühler in freundlicher Weise.



Bild 1

Der Bach war insofern sehr geeignet, da er den örtlichen Gegebenheiten der Alz, wo die Verwendung von Lichtscheuchen gegeben wäre, entsprach und somit als Parallelfall dienen konnte.

Der Bach hatte eine Breite von 6 m und eine durchschnittliche Tiefe von 60 cm im Sommer. Er ist Aaleinzugsgebiet von den Moorseen, wie Hartsee, Pittenhammer-See, Eschenauer-See.

An der Versuchsstelle, ca. 2 km vor der Mündung in die Alz, wird vom Bach ein 3 m breiter Seitenarm abgezweigt (Bild 2).



Bild 2

Als Beleuchtungsmaterial stellte freundlicher Weise die Fa. Siemens-Schuckert AG sechs Unterwasserscheinwerfer mit je 150 W Glühbirnen zur Verfügung.

Der Fang der Aale wurde in selbstgebauten Hamen getätigt. Bei deren Bau unterstützten mich freundlicherweise der Chiemseefischer Herr Stöffl und der Seewart Herr Höfling.

2. Methodik

Wie aus den Skizzen zu ersehen ist (Abb. 4), wurde der Bach sowie der Seitenarm mit einer sich über die ganze Breite erstreckenden Lichterkette abgesperrt. Dabei wurde aber nur jeweils eine eingeschaltet, während der Bach bzw. der Seitenarm entsprechend im Dunkeln blieb. Hier bei diesem Versuch wurden, um

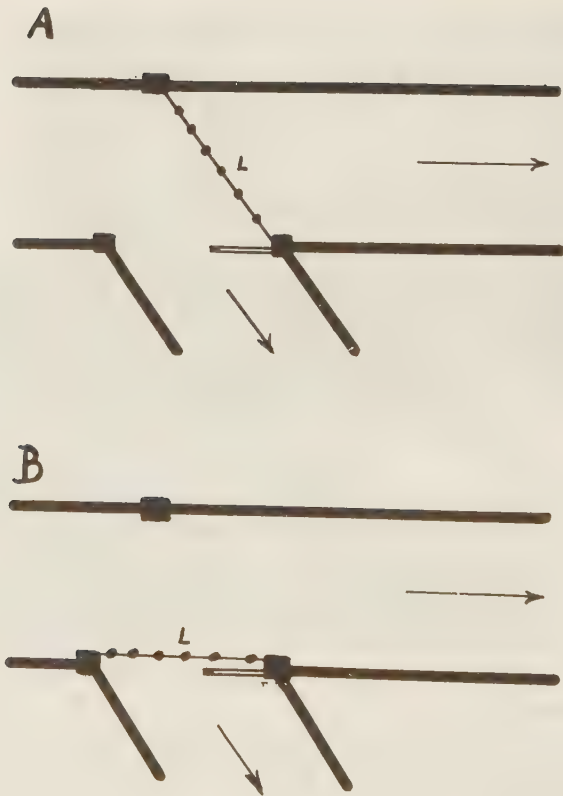


Abb. 4

ein einheitliches Lichtband (B r ä u t i g a m 1961) mit sich überschneidenden Lichtkegeln (H ö l k e 1964) zu erreichen, nur für jede Kette drei Scheinwerfer benötigt.

Der bachaufwärtsgerichtete Lichtstrom der einzelnen Unterwasserscheinwerfer wurde mit einem Cadmium-Sulfid-Photowiderstand (RPY 14; Empfindlichkeitsmaximum bei 5500 Å) in verschiedenen Abständen von Lampen unter Wasser gemessen.

Die in der folgenden Skizze (Abb.5) angegebenen Zahlen geben in Pfeilrichtung den Lichtstrom (l m) in Lumen an, bzw. die Beleuchtungsstärke einer quer zur Pfeilrichtung gestellten Fläche in Lux (lx).

Zum Vergleich muß gesagt werden, daß der Lichtstrom des bedeckten Himmels (12^h) 4000 (lm) beträgt.

Beide Bachtteile wurden nun mit Aalhamen, nach der Konstruktion von Herrn Höfling, völlig abgeriegelt.

Nun wurde unter Berücksichtigung des lunaren Rhythmus der Abwanderung der Blankaale (J e n s 1952) und der meteorologischen Verhältnisse, die die Blankaalwanderung beeinflussen (S c h i e m e n z 1960, E l s t e r 1954), der Versuch am 23. 8. 1965 vierzehn Tage lang durchgeführt.

3. Ergebnis

In der ersten Woche wurde während der Dauer des Versuches, der zur Zeit eines Aalwadels stattfand, die Abzweigung des Seitenarmes mit drei Scheinwerfern beleuchtet.

Während dieser Zeit der Beleuchtung des Seitenarmes

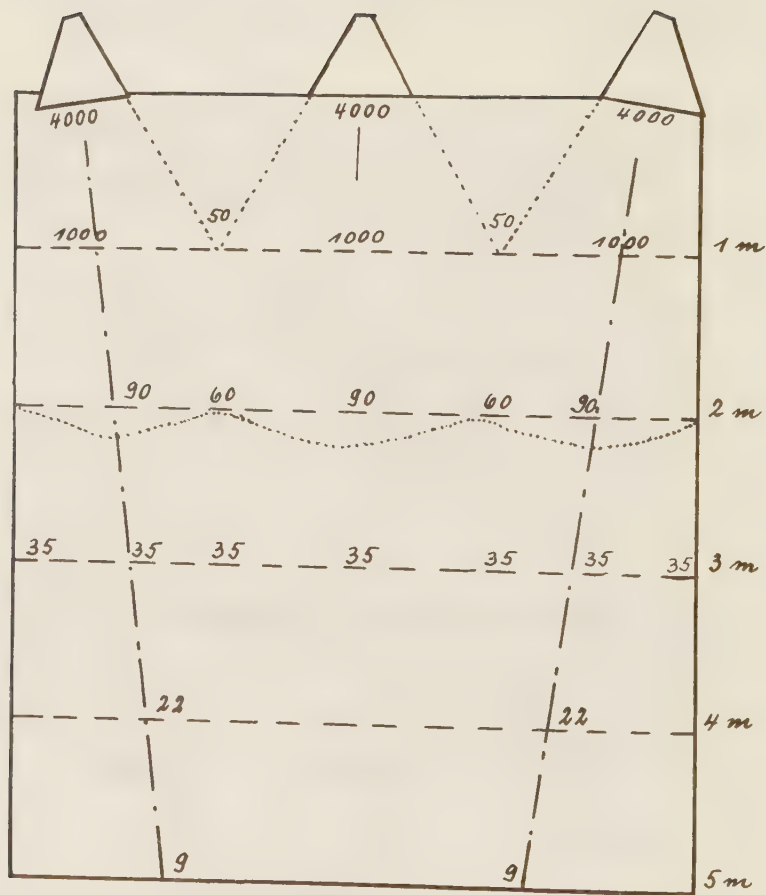


Abb. 5

konnten auf der dunklen Seite d.h. im Hauptbach nur sieben Blankaale im Gewicht bis zu eineinhalb Kilogramm gefangen werden. Auf der beleuchteten Seite hingegen d.h. im Seitenbach wurde kein Aal gefangen.

In der zweiten Woche wurde der Hauptbach beleuchtet. Es konnte aber weder auf der unbeleuchteten Seite d.h. im Seitenarm, noch in dem beleuchteten Hauptbach ein Aal gefangen werden.

Die Erklärung für das minimale Fangergebnis mag wohl, trotz Berücksichtigung des "Palolophänomens" (F r o s t 1945) im Verhalten des Aales, des Beachtens der Wetterverhältnisse und des steigenden Wassers, darin liegen, daß die Abwanderung nicht nur vom steigenden Wasser, wie J e n s (1952) sagt, sondern auch vom Wasserstand überhaupt abhängig ist. Denn der Wasserstand befand sich im August trotz 14-tägiger Regenperiode, die nur einen geringen Anstieg verursachte, auf seinem Minimum.

Um die genaue Hauptwanderungszeit in diesem Gebiet zu erfahren, müßte man die Versuche mindestens ein Jahr lang durchführen. Bei uns dürfte nämlich die Aalwanderung vermutlich ebenfalls (E h r e n b a u m 1930, S c h i e m e n z 1960, L ü h m a n n und M a n n 1961) auf das Frühjahr, mit seinem höchsten Pegel, fallen.

IV. Zusammenfassung

1. Zur optimalen Gestaltung eines Naturversuches wurden Aquarienversuche unternommen und die Aale auf ihre Phototaxis mit verschiedenen Arten von Licht geprüft.
2. Bei Verwendung von "warmem" Licht konnte außer der photophoben Reaktion der Aale keine Empfindlichkeit auf verschiedene Lichtintensitäten beobachtet werden.
3. Es konnte auch weder eine verstärkte noch eine abgeschwächte Reaktion der Aale bei Verwendung von "kaltem" Licht mit unterschiedlicher spektraler Strahl-dichtverteilung festgestellt werden.
4. Ferner wurde beobachtet, daß Blankkaale mehr auf den Effekt des momentanen Lichtes reagieren.
5. Eine Lichtempfindlichkeit auf der Haut eines geblen-deten Aales ergab sich aus den wenigen Beleuchtungs-versuchen nicht.
6. Der Naturversuch fand an einer geeigneten Stelle, wo sich die Ischler Aache nördlich des Chiemsees in zwei Arme teilt, statt.
7. Durch abwechselnde Beleuchtung des Hauptbaches und dann des Seitenarmes, sollten die verschiedenen Fangergebnisse verzeichnet werden.
8. Auf Grund der geringen Wanderungsdichte zum Zeit-punkt der Versuche läßt sich aus dem geringen Fang-ergebnis keine vollwertige Aussage für die Brauchbar-keit der Versuche machen, obgleich der Beweis bei der negativen Phototaxis der Aale zu liegen scheint.

V. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

A) T e i l A:

- Ancona, U.d'. : Biologische und wirtschaftliche Probleme des Aales in Italien.
Ztschr.f.Fischerei 10, 589-598,
1961
- Bauch, G. : Die einheimischen Süßwasserfische.
Verl. J.Neumann-Neudamm
79 - 81, 1961 4. Auflage
- Bayberger, E. : Der Chiemsee.
1.Teil d. Ver. f. Erdk., 1 - 75
Leipzig 1888
- Bayberger, E. : Der Chiemsee.
2.Teil, Ibid., 5 - 103, 1890
- Bellini, A. : Aalzuchtversuche.
Ztschr. f. Fischerei 15, 136 - 181
1910
- Brohmer, P. : Fauna von Deutschland.
Verl.Quelle & Meyer, Leipzig 1944
5.Auflage
- Deelder, C.L. : On the growth of eels in the Jjes-
selmeer.
J.Cons.Int.Explor.Mer.23, 83 - 88
1957
- Dorfner, K. : Der Aal in bayr. Gewässern.
Allg.Fischereiztg. 20/21, 414 ff
u. 437 ff, 1951

- Dröschner, W.: Über den Aal .
Mitt. Fisch.-Ver. Prov.Brandenbg.
74 - 76, 1829
- Ehrenbaum, E.: Der Flußaal .
Die Süßwasserfische Deutschlands .
Hdb.d.Binnenfischerei Mitteleuropas
Bd. III, 159 - 218
E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhand-
lung, Stuttgart 1930
- Ehrenbaum, E. und
Marukawa, H.: Altersbestimmung und Wachstum der
Aale .
Ztschr. f.Fischerei 14, 89 - 127
1914
- Endröß, A.: Die Seespiegelschwankungen
beobachtet am Chiemsee .
Diss. Traunstein 1903
- Engelhardt, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher ?
Frank'sche Verlagsbuchhandlung
Stuttgart 1955
- Frost, W.E.: The age and growth of eels (*Anguilla
anguilla*) from Windermere catchment
area .
J.Animal.Ecol. 14, 106 - 124, 1945
- Frost, W.E.: The eel fisheries of the River Bann
Northern Ireland, and observation
on the age of the silver eel .
J.Cons.Int.Explor.Mer. 16, 158 - 283
1950

- Gandolfi-Hornyold, A.: Die Aale des Caumasees.
Schweizer.Fischereiztg. 9,
294-301/ 347-352, 1932
- Gemzöe, K.J.: Age and rate of growth of the eel.
Rep.Dan.Biol.Stat.14, 10-39, 1906
- Grassi, B. und
Calandruccio : Reproduzione e Metamorfosi delle
Anguille.
Giorn.Ital.Pesca.Aquicolt.
Nr. 7 - 8, 1897
- Grote, W., Vogt, C.,
Hofer, B. : Die Süßwasserfische von Mittel-
europa.
I, 228 - 243, Verl.W.Engelmann
Leipzig 1909
- Haempel, O. und
Neresheimer, E. : Über Altersbestimmung und
Wachstum des Aales.
Ztschr.f.Fischerei 14, 265-281,
1914
- Haempel, O. : Fischereiibiologie der Alpenseen.
Die Binnengewässer X, 175-178
Schweizerbart'sche Verlagsbuch-
handlung, Stuttgart 1930
- Knauthe, K. : Das Süßwasser.
S.476, Verl.J.Neumann-Neudamm, 1907
- Köthke, H. : Welche Erkenntnisse sind Voraus-
setzung für eine erfolgreiche
Aalwirtschaft ?
Der Fischwirt Jg.11, Nr.1, 8 - 17
1961

- Koops, H.: Fütterung von Aalen in Teichen.
Arch.f.Fischereiwissensch.Jg. 16,
H.1, 33 - 38, 1965
- Ladiges, W.: Untersuchungen über den Aalbestand
im Hamburger Hafengebiet.
Ztschr.f.Fischerei 34, 23-24, 1936
- Linder, A.: Statistische Methoden f. Naturwissen-
schaftler, Mediziner und Ingenieure.
Verl. Birkhäuser, Basel 1951
3. erw. Auflage
- Lübbert, H.: Weitere Messungen von nordischen
Glasaalen.
Fischerbote Jg. 3, 140 - 143, 1911
- Lühmann, M. und
Mann, H.: Untersuchungen über den Aalfang
in der Elbe.
Der Fischwirt Jg. 11, 165-176, 1961
- Mahnkopf, E.: Über den Aal und die verschiedenen
Methoden des Aalfangs in der Mark.
General.Vers.Fisch.-Ver.Prov.
Brandenbg. 17 - 23, 1898
- Mann, H.: Untersuchungen über die Hälterung
von Aalen.
Arch.f.Fischereiwissensch. 11,
145 - 151, 1960
- Marcus, K.: Über Alter und Wachstum des Aales.
Allg.Fischereiztg. 30, 110-114, 1919

- Mayer-Waarden, P.F.: Untersuchung von Gewässern in Bayern und Baden-Württemberg auf ihre Eignung als Aalgewässer.
Veröffentlichung des Institutes für Küsten-und Binnenfischerei Hamburg Nr. 29, 1964
- Mazza, F.: Sul grado di sviluppo delle cellule germinale in quelle anguilla destinte a Cagliari col nome di "Filatrotas".
Congresso dei Natural italiani, Milano 1907
- Müller, H.: Wachstum, Fütterung, Markierung und Fang von Aalen in kleinen Teichen.
Ztschr.f.Fischerei 12, 195-306, 1964
- Petersen, C.G.: The common eel gets a particular breeding dress befor its emigration to the sea .
Rep.Dan.Biol.Sat.vol 5, 1894
- Rahn, J.: Untersuchungen über Aale und das Wachstum des Aalbestandes im Sakrower-See .
Ztschr.f.Fischerei 6, 235-256, 1965
- Rasmussen, C.J.: Size and age of the silver eel (Ang. ang.L.) in Esrum Lake .
Rep.Dan.Biol.Stat. 54/3, 1952
- Seligo, A.: Die Aalfischerei .
Hdb.d.Binnenfischerei Mitteleuropas V, 149-159
E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlg. Stuttgart 1925

- Seligo, A.: Die Fischerei in den Flüssen,
Seen und Strandgewässern Mitteleuropas.
Demoll-Mayer-Hdb.d.Binnenfischerei
Mitteleuropas V, 149-159
Stuttgart 1925
- Syrski, W.H.: Über die Reproduktionsorgane der
Aale.
Sitzungsber.d.Akad.d.Wissensch.
Wien 69, 315 ff, 1874
- Schiemenz, P.: Untersuchungen und Betrachtungen
über den Aal.
Ztschr.f.Fischerei 33, 615-680, 1935
- Schiemenz, P.: Was frisst der Aal ?
Fischerbote Jg. 2, 187-200, 1910
- Schmid, Johs.: Fünf Jahre dänische Aaluntersuchungen.
Fischerbote 12, 374-379, 1911
- Schmid, Johs.: Sind Größengruppen bei den west-
und nordeurop.Glasaalen nachweisbar ?
Fischerbote Jg. 2, 285-288, 1910
- Sterba, G.: Süßwasserfische aus aller Welt.
57 - 58
Verl.Zimmer u. Herzog-Berchtesgaden
1959
- Tesch, J.J.: On sex and growth investigation on
the freshwater-eel in Dutch Waters.
J.Cons.Int.Expl.Mer.3, Copenhagen
Nach Fischer, E.: Mitt.d.Dtsch. See-
fischer.-Verl. 44, 225-227, 1928

- Thurow, F. : Über die Fangerträge und das Wachstum der Aale in der westl.Ostsee.
Ztschr.f.Fischerei 8, 597-625, 1959
- Törlitz, H. : Anatomische und entwicklungsgeschichtliche Beiträge zur Artfrage unseres Flußaaales.
Ztschr.f.Fischerei 21, 1 - 48, 1922
- Tucker, D.W. : A new solution to the Atlantic eel problem.
Nature, vol 183, p 495, 1959
- Wagler, E. : Über das Längengewichtsverhältnis bei Fischen.
Allg.Fischereiztg.Jg. 74, Nr.7,
107 - 109, 1949
- Walter, E. : Der Flußaal.
Einführung in die Fischkunde unserer Binnengewässer 97 - 107
Verl.J.Neumann-Neudamm, 1910
- Weber, H. : Grundriß der Insektenkunde.
Verl.G.Fischer, Stuttgart 1954
- Wilhelm, F. : Die Neuauslotung des Chiemseebeckens.
Münchner Geogr.Hefte 15
1958
- Wunder, W. : Physiologie der Haut, in :
Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas.
Hdb.d.Binnenfischerei Mitteleuropas
Bd. II B, 3 - 48
E.Schweizerbart'sche Verl.-Buchhandlg.
1936

- Wundsch, H. : Neue Beiträge zur Frage nach dem
Alter und Wachstum des Aales.
Ztschr.f.Fischerei 18, 89-97, 1916
- Wundsch, H. : Neue Untersuchungen über Wachstum
des Aales.
Fischereiztg. 23, 157-161, 1920
- Zorell, F. : Zur Frage des Trophiezustandes
einiger oberbayr. Seen.
Arch.f.Hydrobiol. 49, 376-385,
1954

B) T e i l B:

- Bräutigam, R. : Anwendungsmöglichkeiten von Lichterketten zur Intensivierung des Blankaalfanges.
Ztschr.f.Fischerei 10, 643-651, 1961
- Ehrenbaum, E. : Der Flußaal.
Hdb.d.Binnenfischerei Mitteleuropas III, 159 - 218
E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1930
- Elster, H. : Welche Bedingen beeinflussen die Abwanderung der Blankaale ?
Der Fischwirt, Jg.4, 1 - 5, 1954
- Frisch, K.v. : Über farbige Anpassung bei Fischen.
Zool.Jhrb.Allg.Zool. und Phys. d.T. 32, H 2, 171 - 225, 1912
- Frost, W.E. : The eel fisheries of the River Bann Northern Ireland, and observation on the age of the silver eel.
J.Cons.Int.Explor.Mer. 16, 258-283 1950
- Hess, C. : Untersuchungen zur Frage nach dem Vorkommen von Farbsinn bei Fischen.
Zool.Jhrb.31, H 4, 629-646, 1912
- Hölke, H. : Aalfang mit Hilfe von elektrischem Licht in der Flußfischerei.
Dtsch.Fischereiztg.11, 82, 88, 1964

- Jens, G. : Über den lunaren Rhythmus der
Blankaalwanderung.
Arch.f.Fischereiwissensch. 4,
94 - 110, 1952/53
- Krefft, G. und
Schubert, K. : Beobachtungen über den Einfluß
künstlicher Beleuchtung der Mee-
resoberfläche auf Fische.
Fischereiwelt Jg.2, H 5, 86-88, 1950
- Laßleben, P. : Fisch und Licht.
Allg.Fischereiztg. Jg.77, H 7,
132 - 134, 1952
- Lowe, R.H. : The influence of light and other
factors on the seaward emigration
of the silver eel.
J.Animal.Ecol. Nr.2, 275-309, 1952
- Meyer, P.F. : Beeinflussung des Blankaalfanges an
der Rügen'schen Küste durch meteor-
ologische und kosmische Faktoren.
Ztschr.f.Fischerei 36, 643-680, 1938
- Motte, de la, I. : Untersuchungen zur vergleichenden
Physiologie der Lichtempfindlichkeit
geblendeter Fische.
Zschr.f.Physiologie 49,
58 - 90, 1964
- Petersen, C.G. : Der Einfluß von Licht auf die
Wanderung des Silberaales.
Rep.Dan.Biol.Stat.Copenhagen, 1906

Schiemenz, P.:

Die Talabwanderung der Aale,
die Turbinen und die Schutzrechen.
Die Müllerei 23, 6.Beilage, 30 - 31
Stuttgart 1960

Wunder, W.:

Gesichtssinn .
Physiologie der Süßwasserfische
Mitteleuropas .
II B, 112 - 135
E.Schweizerbart'sche Verlagsbuch-
handlg. 1936

Am Ende der Arbeit ist es mir ein aufrichtiges Anliegen, meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. H. Liebmann für die freundliche Überlassung des Themas und für sein stets hilfsbereites Entgegenkommen herzlich zu danken.

Herrn Professor Dr. H. H. Reichenbach - Klinke danke ich für die freundliche Betreuung der Arbeit.

Ebenso bin ich den Herrn Fischereimeistern R. und H. Schaber in Prien für die Stellung des Aalmaterials und Herrn Seewart P. Höfling für die freundliche Unterstützung zu Dank verpflichtet.

Es gilt mein Dank auch der Fa. Siemens-Schuckert AG für die leihweise Überlassung von Unterwasserscheinwerfern.

Ferner möchte ich mich bei Frau C. Kühler bedanken, die die Freundlichkeit besaß, mir ein Stück der Ischler Ache als Versuchsgelände zur Verfügung zu stellen.

Auch fühle ich mich Herrn Dipl. Kfm. A. Eisenbarth zu Dank verpflichtet für freundliche Unterstützung auf dem mathematischen Sektor, ebenso wie Herrn Dipl. Phys. H.A. Mayer für die Hilfe bei Lichtmessungen.

VI. Lebenslauf

Am 8.8.1941 wurde ich als Tochter des Zahnarztes Werner Micheler und seiner Ehefrau Lotte, geb. Bechtold, in Pforzheim geboren.

Nach fünfjähriger Volksschulzeit in Truchtlaching/Alz besuchte ich das Human. Gymnasium in Stein a.d. Traun, wo ich im Jahre 1961 die Reifeprüfung bestand. Im Wintersemester 1961/62 begann ich das Studium an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Das 5. und 6. Semester belegte ich an der Tierärztlichen Hochschule in Wien. Mit dem Staatsexamen in München beendete ich mein Studium am 28.7.1966.

